BEITRÄGE

zur

PHARMAKOGNOSIE DER SALICACEEN

Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Rinde

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der philosophischen Doktorwürde
vorgelegt der
Mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung
der Philosophischen Fakultät der Universität Basel

von

GJURO AKERMAN
aus BJELOVAR
(Jugoslawien)

ZAGREB 1937
BUCHDRUCKEREI IVAN RAST

BEITRÄGE

zur

PHARMAKOGNOSIE DER SALICACEEN

Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Rinde

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der philosophischen Doktorwürde
vorgelegt der
Mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung
der Philosophischen Fakultät der Universität Basel

von

GJURO AKERMAN
aus BJELOVAR
(Jugoslawien)

ZAGREB 1937
BUCHDRUCKEREI IVAN RAST

Genehmigt von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung der philosophischen Fakultät auf Antrag der

Herren Professoren

Dr. H. ZÖRNIG und Dr. G. SENN.

Basel, den 22. Juni 1937.

Professor Dr. H. ZICKENDRAHT,
Dekan.

R. UNIV
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die vorliegende Arbeit wurde in der Pharmazeutischen Anstalt der Universität Basel ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer,

Herrn Professor Dr. H. ZÖRNIG,

für die freundliche Unterstützung und wohlwollende Förderung meiner Arbeit meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546701_0158

Inhaltsverzeichnis.

Seite:

I. EINLEITUNG 7

II. SPEZIELLER TEIL 11

Populus-Rinden 11

Entwicklungsgeschichte der Rinde von Populus Italica Moench 11

Populus nigra L. 24

Populus tremula L. 28

Populus alba L. 32

Populus balsamifera L. 37

Salix - Rinden 41

Entwicklungsgeschichte der Rinde von Salix purpurea L. 41

Salix fragilis L. 47

Salix pentandra L. 50

Salix alba L. 54

III. BESTIMMUNGSSCHLÜSSEL 58

IV. ÜBERBLICK UND SCHLUSSBETRACHTUNG 60

V. LITERATURVERZEICHNIS 63

I. Einleitung.

Die Rinden einiger Arten der Gattungen Populus und Salix dienen seit alter Zeit als Heilmittel, ihre Verwendung verdanken sie dem Gehalt an Gerbstoffen wie den Glykosiden Salicin und Populin. Die adstringierende, antifebrile und antirheumatische Wirkung der Salicaceen-Rinden ist schon seit langem bekannt; Cort. Salicis wurde als Ersatzmittel für Chinin gebraucht. Nach *Dragendorff* (1898, S. 162—164) wird die Rinde von Salix pentandra L. bei Abszessen benutzt, die von Populus alba L. gegen Intermittens und Ischias, die von Populus tremula L. gegen Skorbut und Syphilis, ferner als Antiseptikum bei Wunden.

Salizylsäure-Präparate haben zur Zeit sowohl Cort. Salicis wie Cort. Populi aus den Arzneibüchern verdrängt, doch finden sie in der Volksmedizin noch reichliche Verwendung, besonders in den sog. Teemischungen. Als wichtigste Arten sind zu nennen:

Populus Italica Moench,
Populus nigra L.,
Populus tremula L.,
Populus alba L.,
Populus balsamifera L.,
Salix purpurea L.,
Salix fragilis L.,
Salix pentandra L.,
Salix alba L.

Heute kommen diese Rinden zumeist nur im zerkleinerten Zustand in die Hände des Apothekers; man ist darum bei ihrer Identifizierung allein auf das anatomische Bild angewiesen. Da unseres Wissens zur Zeit keine genaueren Angaben über die anatomischen Verhältnisse aller Entwicklungsstadien der

in Betracht kommenden Rinden vorliegen, war es unser Bestreben obgenannte Arten, die pharmazeutische Verwendung finden, einer eingehenden anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung zu unterziehen. Zu berücksichtigen war hierbei, dass in den Teemischungen auch Rinden verschiedenen Alters zu treffen sind.

Auf die chemischen Inhaltsstoffe gehen wir nicht ein, über diese liegen Angaben in reichem Masse vor (s. *Wehmer*, Die Pflanzenstoffe, 1929, S. 200 ff.) In Bezug auf die Anatomie der Rinden der Salicaceen verweisen wir zunächst auf nachfolgende ältere Untersuchungsbefunde:

Bei *Hanstein* (1853, S.46) finden wir eine kurze Beschreibung der Rinde von Populus nigra L., bei *Moeller* (1882, S. 91-94) etwas ausführlichere Angaben über einige Populus-Arten, doch befasst sich *Moeller* nur mit älteren Rinden. Er sagt in der Einleitung (S. 2) ausdrücklich, dass entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen nicht im Rahmen seiner Arbeit liegen, und begnügt sich demzufolge mit den anatomischen Befunden an ausgewachsenen Rinden. Es kam *Moeller* an erster Stelle darauf an, die gefundenen Merkmale für die Systematik zu verwenden, weshalb er ein besonderes Gewicht auf die morphologischen Charaktere legt.

Perrédès (1903, S.16 ff.) untersuchte 11 Arten der Gattung Populus auf ihren Rindenbau, doch befasst sich seine Arbeit auch nur mit der ausgewachsenen Rinde.

Weniger wurden die Salix-Rinden einzeln bearbeitet, die meisten Lehrbücher der Pharmakognosie geben nur ein allgemeines Bild über ihre Anatomie, ohne die Unterscheidungsmerkmale der einzelnen Arten herauszuheben.

Höhnel (1880, S.92-95) bringt eine kurze, nach mikroskopischen Merkmalen aufgebaute Übersicht der am häufigsten verwendeten Weidenarten. Er hält dies nur für einen Versuch, der aber nach seiner Ansicht unter Umständen, wenn noch weitere Anhaltspunkte vorliegen, hie und da zum Ziele führen kann. Er äussert sich ferner in *Wiesner* (1918, S.226) folgendermassen: »Eine vollständig sichere Unterscheidung der Weidenrinden voneinander ist indessen wenigstens bisher auch auf mikroskopischem Wege nicht durchzuführen«.

als die jungen, und zwar besonders viel im Phelloderm, in der Zellregion zwishen den Faserbündeln und den in der Nähe des Pericykels gelegenen Zellen.

Hieraus geht hervor, dass zwar junge Rinden auch Salicin enthalten, doch weniger als die älteren. Als eine vollwertige Droge ist nach unserer Ansicht nur eine Rinde anzusehen, die kurz vor der Borkenbildung steht, denn durch die Borkenbildung werden die salicinreichen Teile der äusseren Rinde abgeworfen und durch salicinarme innere Peridermschichten ersetzt. Unsere Untersuchungen beschränken sich deshalb nur auf die Stadien vor der Borkenbildung, weil ältere Rinden kein pharmazeutisches Interesse haben.

Die Nomenklatur der Pflanzen erfolgte nach *Hegi* (Illustrierte Flora von Mittel-Europa, 1912, Bd. III. S. 12 ff.).

Für die gütige Überlassung von Untersuchungsmaterial aus den botanischen Gärten von Basel, Genf, Wien und Zürich sei den Herren Vorstehern Prof. Dr. *G. Senn*, Prof. Dr. *G. Hochreutiner*, Prof. Dr. *E. Janchen* und Prof. Dr. *A. U. Däniker* bestens gedankt.

Ebenso zu Dank verpflichtet bin ich den Herren Dr. *G. Auerbach* und *E. Brack* aus Basel, wie auch Herrn Ing. *M. Anić* aus Zagreb, die mir weiteres Material verschafften.

Während der Ferienzeit 1936 gestattete mir mein früherer Lehrer, Herr Prof. Dr. *Antun Vrgoč*, Vorsteher des Pharmakognostischen Instituts der Universität Zagreb, in seinem Institut an meiner Dissertation weiter zu arbeiten. Für diese Zuvorkommenheit möchte ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aussprechen.

II. Spezieller Teil.

POPULUS-RINDEN.

ENTWICKLUNGSGESCHICHTE DER RINDE VON POPULUS ITALICA MOENCH

(= P. nigra L. var. Italica Duroi, = P. pyramidalis Roz., = P. fastigiata Desf.) Pyramiden-,Chaussee-, Italienische oder Lombardische Pappel.

(Material: Botanischer Garten Genf, Umgebung von Basel und Zagreb).

Bei dieser Populus-Art nahmen wir aus den im Vorwort angegebenen Gründen eine eingehendere Bearbeitung der Rinde in ihren verschiedenen Entwicklungsstadien vor.

I. Querschnitt der Rinde eines jungen, 1,4 mm dicken Triebes.

Die Epidermis besteht aus kleinen, isodiametrischen, etwa 7—10μ breiten Zellen, die von einer gelben Kutikula überzogen sind. Einige dieser Zellen sind zu 50—70μ langen, an der Basis bis 10μ breiten, geraden oder etwas gebogenen, zugespitzten Haaren ausgebildet.

Unter der Epidermis treten zunächst einige Lagen schwach kollenchymatisch verdickter, 15—30μ breiter, meist tangential gestreckter, chlorophyllführender Zellen auf, welche in das rundliche, grosslumige Grundparenchym, überführen. Interzellularen und 15—25μ grosse Oxalatdrusen finden sich reichlich in diesem Grundparenchym, besonders in den inneren Schich-

ten. Der primäre Faserring ist nicht völlig geschlossen, die Fasergruppen sind durch nur schmale Parenchymschichten getrennt. Diese meist 4—7 Lagen tiefen, verschieden breiten

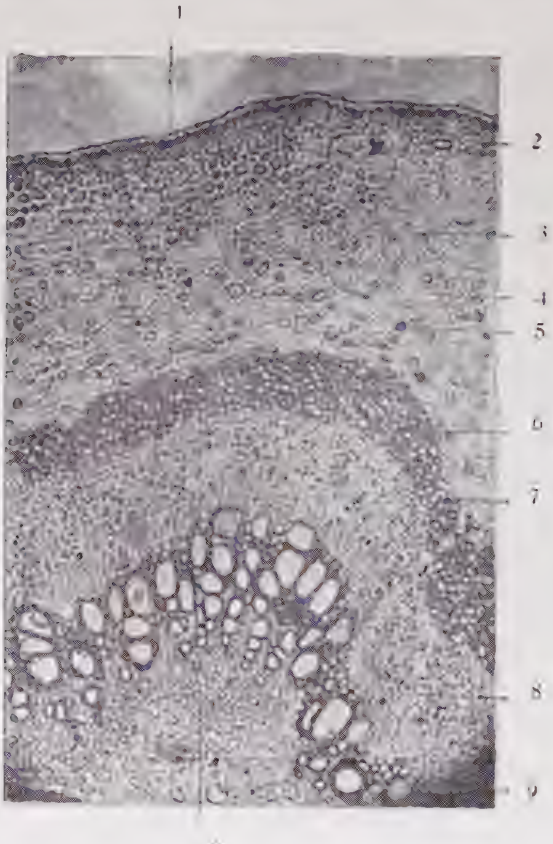


Fig. 1.

Populus Italica Moench.

Querschnitt durch einen 1,4 mm dicken Trieb. (Vergr. 100).

1 = Epidermis
2 = Kollenchym
3 = Interzellularraum
4 = Parenchym
5 = Oxalatdruse
6 = Faserring
7 = Parenchymschicht zwischen den Faserbündeln.
8 = Innenrinde
9 = Holzring
10 = Mark

Bündel bestehen aus 6—12μ starken, weitlumigen Fasern und sind von Kristallzellreihen mit 5—10μ grossen Einzelkristallen umgeben (s. Fig. 1).

Das nun folgende Gewebe ist aus kleinen, bis 15μ breiten Parenchymzellen aufgebaut, führt 6—8μ grosse Drusen und rundliche, bis 25μ breite Siebröhren. Die Kambiumschicht zeigt in diesem Stadium die Form eines stumpfen fünfstrahligen Sterns, demzufolge ist die Dicke der Rinde ungleich.

II. Querschnitt der Rinde eines 1,6 mm dicken Zweiges.

Die Epidermiszellen haben an Breite zugenommen. Wir sehen schon eine Korkbildung, die erste unter der Epidermis gelegene Zellschicht wird zum Korkkambium. Die Phellogenzellen haben durch tangentiale Teilung bereits zwei, stellenweise auch drei Tochterzellen nach aussen abgesondert. Diese meist 14—19μ breiten, dünnwandigen Korkzellen sind tiefer als breit.

Phellodermbildung ist noch nicht eingetreten, die kollenchymatisch verdickten Zellen der primären Rinde haben sich etwas mehr tangential gedehnt, während die parenchymatischen fast gleich geblieben sind. Eine Verholzung der Zellwände tritt noch nicht auf.

Die etwa 3—8 Zellen tiefen, meist 120—250μ breiten Bündel des einzigen Faserringes zeigen nun englumigere Fasern, die Parenchymzellen, welche zwischen den Faserbündeln liegen sind etwas grösser; sie führen meist Gerbstoff. Kleinere, rundliche Gerbstoffzellen finden sich ausserdem reichlich, in tangentialen Bändern gelagert, ausser-und innerhalb des Faserringes. Der innerste Teil dieser Rinde zeigt keine wesentlichen Änderungen.

III. Querschnitt durch eine etwa 0,5—0,7 mm dicke Rinde.

Die kutinisierten Aussenwände der Epidermiszellen besitzen eine Dicke von etwa 7μ, sie sind nicht mehr gewölbt, auch haben sich die Epidermiszellen etwas verbreitert. Die Haarbildungen sind zumeist abgefallen.

Der aus dünnwandigen, radial gestreckten Zellen aufgebaute Kork ist vierschichtig, das Phelloderm einschichtig.

Einige Phellogen- und Phellodermzellen zeigen bei diesem, im Monate Januar gesammelten Material Verdickung und Verholzung. Auch einige Zellen des Kollenchyms und des zwischen den Faserbündeln liegenden Parenchyms sind verholzt.

Ausser der nun stärkeren Korkbildung und der Sklerotisierung einiger Zellen unterscheidet sich dieser Querschnitt kaum von dem vorigen.

IV. Querschnitt durch eine 0,6—0,8 mm dicke Rinde, einem einjährigen Zweig entnommen.

Die Epidermiszellen sind auf etwa 20—25μ verbreitert, das Korkgewebe zeigt 4—5 Schichten verschieden tiefer Zellen. Die äusseren Korkzellen sind 20—50μ breit und etwa 30μ tief, die folgenden kürzer und fast quadratisch, die der innesten Lage tangential gestreckt. Es ist zu bemerken, dass wir des öfteren auf Schnitten gleich dicker und gleich alter Rinden keine Phellodermbildung vorfanden. Bei einer im Winter gesammelten Rinde liess sich an einigen Phellogenzellen oder an einigen letztgebildeten Tochterzellen eine Verholzung konstatieren.

Das kollenchymatisch verdickte, 6—7 schichtige, aus meist 20—30μ breiten, etwa 15μ tiefen, tangential gestreckten Zellen bestehende Hypoderm führt einzelne oder in kleineren Gruppen gelagerte, deutlich geschichtete, englumige Steinzellen. Die Sklerotisierung dieser Zellen tritt gewöhnlich gleichzeitig auf mit der Bildung der ersten sekundären Faserbündel, man trifft sie aber zuweilen auch vor der Bildung dieser Faserbündel an. In der Umgebung der Steinzellengruppen Zellen mit 12—15μ grossen Kalziumoxalat-Einzelkristallen, ferner vereinzelt 20—25μ grosse Drusen im kollenchymatischen Gewebe, aber reichlich im Parenchym der primären Rinde. Letzteres ist grosslumig, in den oberen Schichten etwas verdickt und weist kleine Interzellularen auf. Nahe den primären Faserbündeln verholzen diese Parenchymzellen zum Teil, man sieht einzelne Steinzellen oder auch Gruppen derselben.

Die primären, in radialer Richtung verschieden tiefen Faserbündel sind zumeist 150—250μ breit, sie besitzen in den starken Bündeln bis 15 Lagen 11—13μ dicker Fasern. Wenn auch einige Zellen des zwischen den primären Faserbündeln gelegenen Parenchyms verholzen, so bildet sich doch niemals

ein geschlossener Sklerenchymring. Das nun folgende Grundgewebe führt Zellen mit Gerbstoff und solche mit kleinen Kalziumoxalatdrusen.

In der sekundären Rinde treten Faserbündel nur an den Stellen der konvexen Krümmungen des sternförmigen Kambiumringes auf. Die nur 2—4 Zellagen tiefen, gewöhnlich 50—120μ breiten Bündel dieses ersten und in diesem Stadium einzigen sekundären Faserringes sind von Kristallreihen mit 6μ grossen Einzelkristallen begleitet. In den sekundären Bündeln sind die Fasern stärker als in den primären, sie zeigen neben wenigen kleineren von etwa 8μ meist eine Dicke von 13—16μ.

Die radial gestreckten, 12—15μ breiten Zellen des einreihigen Markstrahles verholzen gewöhnlich zwischen den Faserbündeln und bilden mit diesen tangentiale Sklerenchymbänder, aber keinen geschlossenen Ring. Der nun folgende Weichbast besteht aus etwa 20μ breiten Parenchymzellen und rundlichen Siebröhren mit ihren Geleitzellen.

V. Querschnitt durch eine 1,1 mm dicke Rinde, einem zweijährigen Ast entnommen.

Stellenweise ist die Epidermis abgeworfen, das Korkgewebe ist 10—12 schichtig, seine Zellen sind etwa 30μ breit und 15—17μ tief. Auf einigen Schnitten zeigten sich zwischen den dünnwandigen Korkzellagen Bänder verdickter und verholzter Zellen.

Dem Phellogen und dem einschichtigen Phelloderm folgen einige Lagen 25—35μ breiter, 15—20μ tiefer, schwach kollenchymatisch verdickter Zellen, welche in das weitlumige Grundparenchym überführen. In diesem Kollenchym und im Grundparenchym vereinzelt verschieden grosse Steinzellgruppen, umgeben von Zellen mit Einzelkristallen (Fig. 2.).

Die meist 200μ breiten primären Faserbündel stehen bei dieser Rinde in Abständen von 150—400μ, die Steinzellengruppen liegen nun entweder diesen Bündeln dicht an oder frei im Grundgewebe. In der sekundären Rinde zeigen die zuerst angelegten Bündel das gleiche Bild wie im Stadium IV., doch haben durch die Verbreiterung des Markstrahlgewebes die Steinzellengruppen an Grösse zugenommen.

Es bilden die meist 90—100μ breiten Bündel des zweiten sekundären Faserringes und die zwischen diesen liegenden Steinzellgruppen wohl längere, tangentiale Bänder, aber nie-

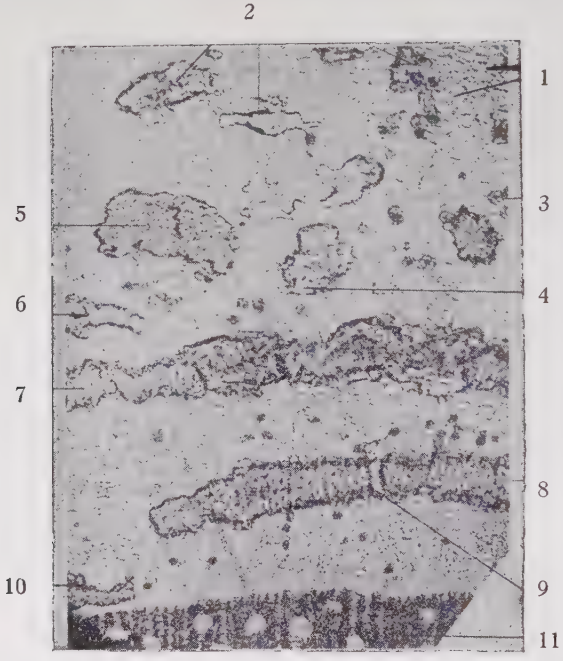


Fig. 2.

Populus Italica Moench.
(Vergr. 75).

1 = Kollenchym
2 = Steinzellengruppen
3 = Oxalatdrusen im Grundparenchym
4 = Steinzellengruppe zwischen den primären Faserbündeln
5 = primäre Fasergruppe
6 = Bündel des ersten sek. Faserringes
7 = zweiter sekund. Faserring mit Steinzellen
8 = dritter sekund. Faserring
9 = verholzte Markstrahlzellen
10 = Bündel des vierten sekund. Faserrings
11 = Holz

mals geschlossene Sklerenchymringe. Im dritten sekundären Faserring sind die Markstrahlen einreihig, die Zellen der letzteren verholzen teilweise in der Höhe der Bündel wie auch über dieselben nach oben und unten hinaus, so dass radial ge-

streckte Steinzellen entstehen. Einige Bündel des vierten sekundären Ringes sind erst kurz vorher von der Kambiumschicht gebildet worden.

Die Faserbündel der sekundären Rinde sind 2—8 Zellagen tief und haben gewöhnlich einen geringeren Radialdurchmesser als die Bündel des primären Faserringes. Populus Italica Moench bildet gewöhnlich in der sekundären Rinde in jedem Jahr zwei neue Faserringe aus.

VI. Querschnitt durch eine 1,4 mm dicke Rinde, einem dreijährigen Ast entnommen.

Die Epidermis ist abgeworfen. Der Kork, etwa 15—17 schichtig, zeigt ausser den Lagen dünnwandiger, bis 40μ breiter Zellen auch einige tangentiale Lagen kleinerer verholzter Zellen und Gruppen grösserer Steinzellen. Letztere sind durch Verholzung des unter dem Phellogen liegenden Rindengewebes entstanden.

Unter der Phellodermschicht 5—6 Lagen schwach kollenchymatisch verdickter, 30—50μ breiter Zellen. Die in diesem Gewebe gelegenen, verschieden umfangreichen Steinzellengruppen sind von Zellen mit 10—12μ grossen Einzelkristallen umgeben. Der Raum zwischen dem Kollenchym und den ersten Faserbündeln wird durch ein breites Parenchymgewebe ausgefüllt, welches reichlich Zellen mit 15—25μ grossen Oxalatdrusen besitzt. Auch in diesem Parenchym liegen Steinzellengruppen, jedoch sind deren Zellen meist etwas grösser als die der im Kollenchym gelegenen Gruppen, etwa 50μ breit und 25—35μ tief. Obige Steinzellgruppen kommen in 100—300μ grossen Abständen vor, sie zeigen meist in tangentialer Richtung eine Breite von 200-300μ, in radialer eine Dicke von 50—180μ. Es treten in ihnen neben den oben erwähnten rundlichen, deutlich geschichteten Steinzellen auch solche von mehr länglicher Form und undeutlicher Schichtung auf.

Die primären Faserbündel, von Zellen mit 8μ grossen Einzelkristallen begleitet, treten gleichfalls in grösseren Abständen auf. Steinzellen finden sich entweder den Faserbündeln direkt anliegend oder in grossen Gruppen in dem zwischen den Faserbündeln gelegenen Parenchymgewebe (Fig. 3).

In der sekundären Rinde beobachten wir nun 5 Faserringe; abwechselnd mit diesen jeweils ein 5—8 schichtiges, aus 15—22μ breiten und 10—17μ tiefen Zellen gebildetes Parenchymgewebe mit den entsprechenden Siebröhren. Die Bündel dieser Faserringe haben eine wechselnde Tiefe von 2—7 Zel-

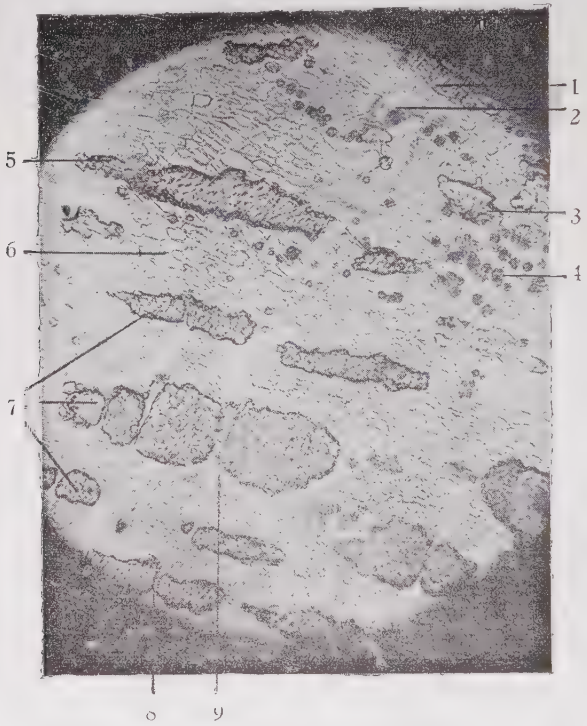


Fig. 3.

Populus Italica Moench.

Querschnitt durch eine 1,4 mm dicke Rinde.

(Vergr. 75).

1 = Korkgewebe mit Steinzellen
2 = Kollenchym
3 = Steinzellengruppe
4 = Parenchym mit Oxalatdrusen
5 = Steinzellen neben den primären Faserbündeln
6 = verbreiterter Markstrahl
7 = sekundäre Fasergruppen
8 = unverholzter Markstrahl
9 = verholzte Markstrahlzellen

lagen und die Breite eines Rindenstrahles. Bei den drei äusseren sekundären Faserbündeln sind die Markstrahlen entweder noch einreihig oder bereits verbreitert, bei den innersten stets einreihig. Ihre Zellen sind 25—30μ tief und 15—20μ breit. An den Stellen der verbreiterten Markstrahlen der drei äusseren Faserringe haben sich die Zellen zumeist gruppenweise in Steinzellen umgewandelt; in den zwei inneren Ringen ist hie und da eine schwächere Verholzung der Zellwände nachweisbar.

VII. Querschnitt durch eine 2 mm dicke, fünfjährige Rinde.

Der Kork zeigt etwa 28 Lagen dünnwandiger, 30—40μ breiter und 15—18μ tiefer Zellen, doch tritt gewöhnlich nach 5—7 Lagen dünnwandiger Korkzellen eine stellenweise durch un-

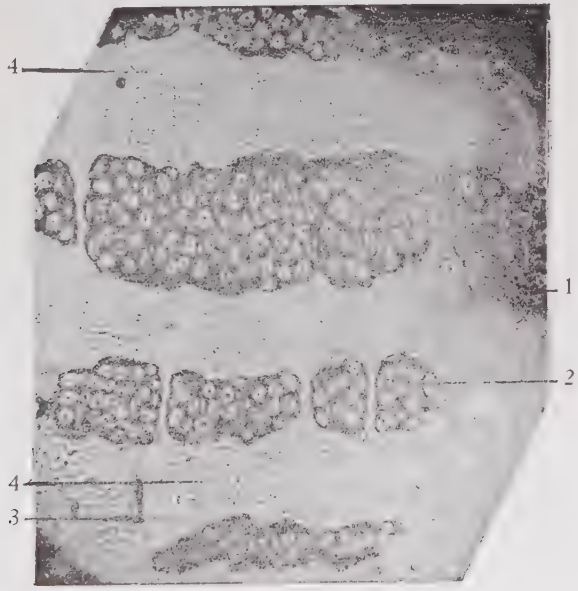


Fig. 4.

Populus Italica Moench.

2 mm. dicke Rinde. Querschnitt durch die Innenrinde nach Behandlung mit Phloroglucin-Salzsäure.
(Vergr. 140).

1 = verholzte Markstrahlzellen
2 = Bastfaserbündel
3 = einreihiger Markstrahl
4 = Weichbastschicht

verdickte Zellen unterbrochene Lage kleinerer Steinzellen auf. Letztere sind entstanden durch Verholzung der jeweiligen Phellogenzellen. Man findet aber auch im Korkgewebe Gruppen grösserer Steinzellen, welche durch Verholzung einiger Phelloderm-bezw. Kollenchymzellen entstanden sind. Wie schon erwähnt, bildet sich, wenn die Phellogenzellen verholzen, unter diesen stets ein neues Korkkambium.

Die primäre Rinde zeigt keine wesentlichen Veränderungen gegenüber dem Stadium VI, in der sekundären Rinde sind bereits 10 Faserringe ausgebildet; die neuen Hart- und Weichbastschichten weisen ebenfalls denselben, oben beschriebenen Bau auf (Fig. 4.).

Mit diesem Stadium schliessen wir die Entwicklungsgeschichte der Rinde von Populus Italica Moench ab, ältere Rinden haben pharmazeutisch kein Interesse.

DIE ENTWICKLUNG DES KORKES BEI POPULUS ITALICA MOENCH.

Nach vorliegenden Literaturangaben-*Sanio* (1860, S. 90), *Moeller* (1882, S. 89), *Weiss* (1890, S. 52) und *Perrédès* (1903, S. 6) — ist für die Gattung Populus die Korkbildung besonders charakteristisch und kann als ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal gegenüber der Gattung Salix dienen. Wir nahmen deshalb eine eingehendere Untersuchung speziell des Korkes vor, wählten Populus Italica Moench und beschafften uns Material von verschiedenen Standorten und Jahreszeiten.

Wie wir bereits (Stadium II.) kurz erwähnt haben, wird die erste unter der Epidermis gelegene Zellschicht zum Phellogen (Fig. 5).

Dies scheint für alle Populus-Arten zu gelten. *Perrédès* (1903, S. 6) bemerkt zwar, dass bei Populus Fremonti Wats. das Phellogen auch in der dritten hypodermalen Schicht entstehen kann, er hält dies aber für abnormal, da die Mehrzahl seiner Rindenschnitte auch bei dieser Art die normale Phellogenlage gezeigt hat.

Durch eine tangentiale Wand bilden sich in jeder Phellogenzelle zwei Tochterzellen, die innere bleibt als Phellogenzelle erhalten, die äussere wird zum Kork (Fig. 6). Nach *v. Höhnel* (1877, S. 530) besteht die Korkwand bei P. Italica Moench aus drei Schichten: einer äusseren Suberinlamelle, einer inneren dicken Zellulosesschicht und zwischen beiden einer zarten Mittellamelle.

Im fertig gebildeten Kork sind die zuerst gebildeten, äusseren Korkzellen dünnwandig und deutlich radial gestreckt, alle späteren sind dickwandiger und mehr oder weniger tangential gestreckt. Das Korkkambium bildet nach innen erst dann Phellodermzellen, wenn bereits einige Zellschichten nach aussen abgesondert sind.

Fig. 5.

Populus Italica Moench.

Querschnitt durch den äusseren Teil einer 0,36—0,46 mm dicken Rinde
(Vergr. 340).

1 = Epidermis
2 = Kollenchymzelle, die zum Phellogen wird
3 = Grundparenchym
4 = Oxalatdruse

Der Zeitpunkt einer Phellodermbildung ist nicht bestimmt, wir fanden sie in einzelnen Fällen bereits bei sehr jungen Zweigen, anderseits trat sie bei älteren Rinden manchmal nicht auf, was wohl mit lokalen Verhältnissen zusammenhängen kann. Nach *Wiss* (1890, S. 44) ist die Entstehung von Phellodermzellen von der Dicke, resp. kräftigen Entwicklung des betreffenden Organes, nicht aber von der Zeit des Beginnes

der Korkbildung abhängig. Es war zuweilen schwierig eine Phellodermbildung festzustellen, in solchen Fällen färbten wir die Schnitte mit Sudan III., welches verkorkte Zellen rot färbte, die Phellogen- und Phellodermschicht blieb ungefärbt.

Fig. 6.

Populus Italica Moench.

Querschnitt durch den äusseren Teil einer 0,4—0,6 mm dicken Rinde
(Vergr. 340).

1 = Epidermis
2 = Korkzelle
3 = Phellogen
4 = Kollenchym
5 = Parenchym

Diese letzteren Schichten zeigten an einem im Winter gesammelten Material meistens eine teilweise Verholzung und Verdickung der Zellen. *Dufrénoy* (1903, S. 7) bemerkt, dass im Periderm von Populus Italica Moench gelegentlich auch tangentiale Bänder verdickter und verholzter Zellen auftreten. Über Populus Fremonti sagt er, dass sich das Phellogen stets in eine Schicht von Steinzellen umwandelt, wenn die jährliche Wachstumsperiode vorüber ist. *Sanio* (1860, S. 42) ist der Meinung, dass, wenn durch besondere Einflüsse die Phello-

genzellen unfähig werden sich zu teilen, alsdann die untere Schicht ihre Stelle vertritt. *De Bary* (1877, S. 562) ist der Ansicht, dass ein Phellogen Jahrzehnte und länger tätig bleiben, dass es andererseits aber schon nach wenigen Teilungen stille stehen kann, um mit den erzeugten Schichten selbst in dauernde Gewebeform überzugehen.

Was die Phellodermverholzung im allgemeinen anbetrifft, fanden wir in der Literatur verschiedene Meinungen. Nach *Sanio* (1860, S. 47) verholzen die Zellwände des Phelloderms niemals, nach *de Bary* (1877, S. 563) und *Kubla* (1897, S. 86) können diese Zellen eine Sklerose zeigen.

Wir sahen, dass bei P. Italica Moench zuweilen am Ende der Vegetationsperiode einige Stellen des Phellogens und Phelloderms, seltener auch die ersten kollenchymatisch verdickten Rindenschichten verholzen und dass sich unter diesen verholzten Schichten zu Anfang der nächsten Vegetationsperiode ein neues Korkkambium bildet.

Wie bereits erwähnt, können auch die vom Phellogen nach aussen gebildeten Tochterzellen sogleich verholzen, dies geschieht aber seltener; die meisten Steinzellen des Korkgewebes sind durch direkte Verholzung der Phellogenzellen entstanden. Nach *v. Höhnel* (1877, S. 600) bildet das Phellogen nach aussen auch Zellen aus, welche keine Spur von »Kork« enthalten, sondern nur schwächer oder stärker verholzt sind. Er bezeichnet diese, im Wechsel mit Korklamellen vorkommenden, nicht verkorkten Schichten als »Phelloide«; und da diese eine leichte Abspaltung der Korkschichten von der Rinde vermitteln, so nennt er sie »Trennungsphelloide«. Bei Populus Italica Moench, bei der die dickwandigen Phelloide zwischen den dünnwandigen Korkzellen vorkommen und die Zerreissung bei der Abspaltung in den Korklamellen entsteht, ist dies ein aktives Trennungsphelloid, als Unterschied vom passiven Trennungsphelloid, wo die Phelloidzellen dünnwandig und die Korkzellen dickwandig sind, die Zerreissung im Phelloid selbst oder an der Grenze dieses mit dem Korke entsteht.

POPULUS NIGRA L.
Schwarzpappel.

(Material: Umgebung von Basel und Botanischer Garten Wien)

I. Querschnitt durch eine, einem einjährigen Zweige entnommene, 0,55—0,75 mm dicke Rinde.

Die Epidermis besteht aus tangential gestreckten, 10—17μ breiten Zellen mit dünner, kutinisierter Aussenwand. Das Korkgewebe ist vierschichtig, seine dünnwandigen, meist radial gestreckten Zellen sind 15—20μ breit. Manche Phellogenzellen waren bei dieser im Februar gesammelten Rinde bereits verholzt, es zeigte sich ein stellenweise unterbrochenes Band englumiger, meist 15μ breiter und 8—10μ tiefer Steinzellen.

Auch die nun folgende kollenchymatische Rindenschicht kann, wenn von uns auch nur in seteneren Fällen beobachtet, eine Verholzung aufweisen in Form rundlicher, weitlumiger, 15—22μ grosser Steinzellen. Dieses kollenchymatisch verdickte Rindengewebe besteht aus 4—5 Lagen tangential gestreckter Zellen. In dem sich anschliessenden Grundparenchym sind die Zellen meist rundlich und etwas dickwandig, sie führen häufig 15—20μ grosse Oxalatdrusen. Eine Verholzung der Zellwände tritt noch nicht auf.

Die primären Fasserbündel, nur durch schmale, unverholzte Parenchymschichten voneinander getrennt, zeigen einen beinahe geschlossenen Ring. Diese Bündel haben gewöhnlich eine Tiefe von 4—6 Zellagen und bestehen aus 12—15μ starken Fasern. In dem nun folgenden Weichbast, dessen Parenchymzellen teilweise bis 15μ grosse Oxalatdrusen führen, sind die 15—18μ breiten Siebröhren noch nicht obliteriert. Die Kambiumschicht zeigt auch hier, wie bei Populus Italica Moench, im Querschnittsbild die Form eines fünfstrahligen Sternes.

II. Querschnitt durch eine 1 mm dicke Rinde.

Unter der Epidermis ein etwa elfschichtiges Korkgewebe. Letzteres zeigt zunächst etwa sechs Lagen unverdickter Korkzellen, darauf eine manchmal unterbrochene Lage kleiner Steinzellen und alsdann etwa vier Lagen unverholzter, tangential gestreckter Zellen. Die Phellogenschicht, in einigen ihrer Zellen gleichfalls verholzt, hat nach innen eine Lage Phelloderm gebildet.

Im Kollenchym, seltener im Parenchym, bereits Steinzellengruppen, von Zellen mit Einzelkristallen umgeben. Die primären Faserbündel sind durchschnittlich etwa 250μ breit und von Zellreihen mit Einzelkristallen begleitet. Das zwischen diesen Bündeln gelegene Parenchym ist zumeist dort, wo die Faserbündel sich nähern, verholzt und es entstehen tangentiale Sklerenchymbänder. Zwischen den weiter voneinander entfernt stehenden Bündeln bleibt das Parenchym hingegen unverholzt; es bilden sich hier nur einige Steinzellen in direkter Berührung mit den Faserbündeln.

In der sekundären Rinde sind die ersten sekundären Bastfaserbündel angelegt. Diese sind 2—3 Zellagen tief, ihre Fasern etwas stärker als die der primären Bündel. Die etwa 20μ breiten, radial gestreckten Zellen des einreihigen Markstrahls sind gewöhnlich zwischen diesen Faserbündeln verholzt. Der Weichbast zeigt die gleiche Struktur wie im Stadium I, doch sind die Oxalatdrusen hier etwas kleiner.

III. Querschnitt durch eine 1,2 mm dicke Rinde.

Die Epidermis ist abgeworfen, der Kork etwa zwanzigschichtig. In ihm treten nach je 4—6 Lagen dünnwandiger, zumeist tangential gestreckter Korkzellen kleinere verdickte und verholzte Steinzellen in tangentialen Bändern auf. Gruppen grösserer Steinzellen kommen hier seltener vor, diese sind wie bei Populus Italica Moench durch Verholzung des Phellodems und der Kollenchymschicht entstanden.

Dem einschichtigen Phelloderm folgen zunächst einige Lagen schwach kollenchymatisch verdickter Zellen, dann das Grundparenchym. Im äusseren Kollenchym sind nur wenige Zellen verholzt, grössere Steinzellengruppen zeigen sich gewöhnlich an der Grenze des Kollenchyms zum Parenchym. Diese Gruppen, von Zellen mit 10—16μ grossen Einzelkristallen umgeben, haben in tangentialer Richtung einen Durchmesser von 100—150μ, in radialer von 80—100μ und bestehen aus tangential gestreckten, meist 30—35μ breiten Steinzellen.

Die primären Faserbündel stehen in Abständen von 300—600μ, im zwischenliegenden Parenchym treten nur an den Bündeln einige Steinzellen auf. Zellen mit 15—20μ grossen Oxalatdrusen sind reichlich in der primären, weniger reichlich in der sekundären Rinde vorhanden.

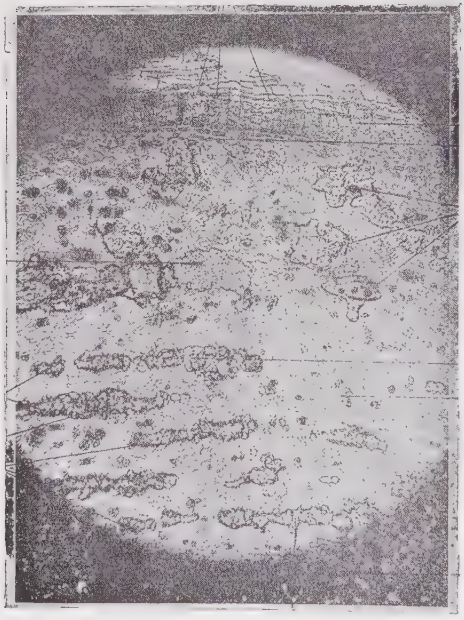
Die sekundäre Rinde besitzt vier Faserringe, jeweils getrennt durch einen 60—110μ tiefen Weichbast. Die Bündel dieser Faserringe sind gewöhnlich 2—3 Zellagen tief und von

Zellen mit etwa 9—11μ grossen Einzelkristallen begleitet; ihre Fasern sind etwas stärker als die der primären Rinde, etwa 12—16μ.

In den erweiterten Markstrahlen der zwei äusseren sekundären Ringe sind die Zellen des öfteren gruppenweise verholzt; es bilden sich demzufolge wohl längere, vereinigte tangentiale Bänder, aber keine geschlossenen Sklerenchymringe. Auch in dem anschliessenden Weichbast findet man 20—30μ starke Steinzellen; diese liegen aber stets den Faserbündeln an der Aussen- bezw. Innenseite an. Zwischen den Bündeln des dritten und vierten Faserringes sind die Markstrahlen einreihig. Nur selten sind die radial gestreckten, 20μ breiten und 30μ tiefen Markstrahlzellen verholzt.

IV. Querschnitt durch eine 1,5 mm dicke Rinde.

Kork und primäre Rinde zeigen gegenüber Stadium III. keinen wesentlichen Unterschied (Fig. 7). In der sekundären Rinde unterscheiden wir nun sieben, nicht völlig geschlossene



1 = Kork
2 = tangentiale Bänder k
ner Steinzellen
3 = Kollenchym
4 = Steinzellengruppen
5 = primäre Fasergruppe
6 = sekundäre Faserring
7 = Steinzellengruppen z
schen den Faserbünd
8 = Oxalatdrusen im
Weichbast
9 = verholzte Markstra
zellen

Fig. 7.
Populus nigra L.
1,5 mm dicke Rinde. Querschnitt durch die primäre und einen Teil der sekundären Rinde (Vergr. 56).

Faserringe. Ihre Bündel sind 60—100μ breit und 1—3 Zellagen tief. Die zwei äussersten Ringe führen zumeist Steinzellengruppen, bei den übrigen ist dies seltener der Fall.

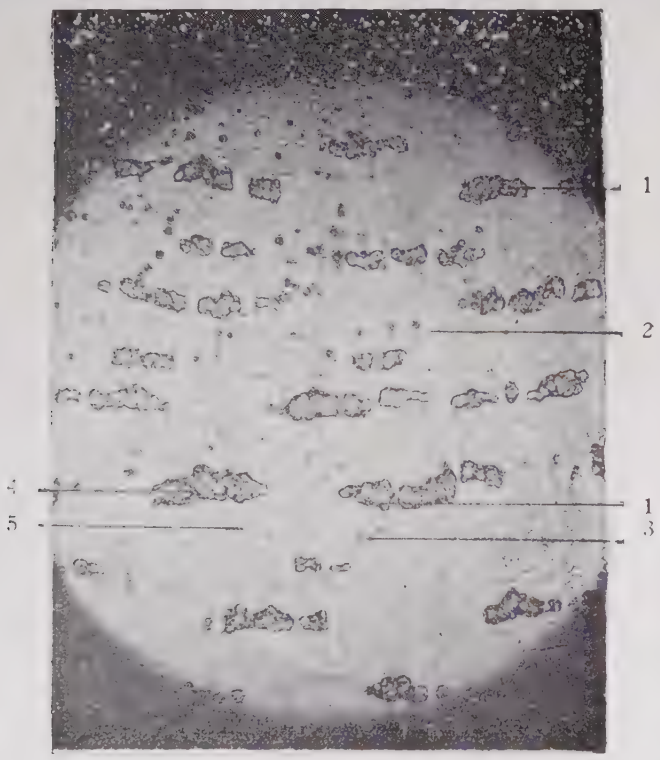


Fig. 8.
Populus nigra L.
Querschnitt durch die Innenrinde einer etwa 2 mm dicken Rinde. (Vergr. 75).

1 = sekundäre Faserbündel
2 = unverholzter, einreihiger Markstrahl
3 = Oxalatdrusen im Weichbast
4 = verholzte Markstrahlzellen
5 = obliterierte Siebröhren

Nach Angaben von *Moeller* (1882, S. 93) kommen in der primären, wie auch in der sekundären Rinde bei Populus nigra L. niemals Steinzellen vor; unser sicher bestimmtes Untersuchungsmaterial liess Steinzellen in allen Stadien der Rinde, nur nicht in den jüngsten erkennen.

Die Weichbastschichten weisen unter sich jeweils eine fast konstante Tiefe auf. Diese kann je nach der Lage der Schnitte variieren, überschreitet aber selten 110μ. Die Siebröhren sind obliteriert, das Parenchym führt Gerbstoff bezw. kleinere Oxalatdrusen.

Die Innenrinde älterer Rindenstücke zeigt denselben Bau (s. Fig. 8).

POPULUS TREMULA L.
(= P. australis Ten., P. Graeca Griseb.)
Zitterpappel, Espe, Aspe,

(Material: Botanischer Garten—Genf).

I. Querschnitt durch eine junge 0,47 — 0,75 mm dicke Rinde.

Die noch erhaltene Epidermis besteht aus tangential gestreckten braunen Zellen mit 4—6μ dicker, gelber Kutikula. Der zweischichtige Kork zeigt dünnwandige, nur 15—25μ breite, quadratische Zellen, das einschichtige Phelloderm abgerundete, etwas verdickte und tangential gestreckte Zellen.

Nun folgen 6—7 Schichten eines kollenchymatisch verdickten Hypoderms aus ovalen, tangential gestreckten, 20—30μ breiten, chlorophyllführenden Zellen. In dem kollenchymatischen wie auch in dem parenchymatischen Gewebe der primären Rinde treten schon frühzeitig kleinere und grössere Gruppen von Steinzellen auf. Die kleineren Gruppen, Durchmesser 40—80μ, finden sich im Kollenchym, sie bestehen meist nur aus 2—3 rundlichen, etwas tangential gestreckten, 15—25μ breiten, verholzten Zellen mit einer etwa 5μ dicken Aussenwand und einem rundlichen Lumen mit braunem Inhalt. Die grösseren, meist 120—200μ starken Gruppen, gebildet durch Verholzung des Parenchyms, treten in 50—150μ grossen Abständen auf; gewöhnlich besitzen ihre Zellen einen Durchmesser von 30—40μ. Zellen mit 15—17μ grossen Einzelkristallen umgeben allseitig diese Steinzellengruppen, während sich 17—20μ grosse Kalziumoxalatdrusen nur in den parenchymatischen Zellen der primären Rinde vorfinden.

Die primären Faserbündel, jeweils durch 55—65μ breites Parenchymgewebe voneinander getrennt, zeigen in tangentialer Richtung eine Ausdehnung von 150—300μ, in radialer von 40—60μ und sind stets von Kristallzellreihen mit Einzelkristallen begleitet. Diese Bündel bestehen meist aus 3—4 Lagen englumiger, schwach verholzter, im Querschnitt 12—17μ star-

ker Fasern. Es folgen der Weichbast aus Siebröhren und fast gleich breiten Parenchymzellen und dann die Kambiumschicht.

II. Querschnitt durch eine 1,1 mm dicke Rinde

Aussen ein etwa siebenschichtiges, aus rechteckigen, unverdickten, meist 20—35μ breiten und 10μ tiefen Zellen gebildetes Korkgewebe, anschliessend das Phellogen und ein nur einschichtiges Phelloderm. Einem aus 6—7 Lagen kollenchymatisch verdickter, tangential gestreckter, bis 30μ breiter Zellen bestehenden Hypoderm folgt das unverdickte, grosszellige Parenchymgewebe. An der Grenze von Kollenchym und Parenchym Gruppen von Steinzellen. Letztere sind verschieden umfangreich, die kleineren Gruppen gewöhnlich rundlich, nur aus einigen kleineren Steinzellen gebildet, die grösseren tangential gestreckt, meist 150—300μ breit, 90—100μ dick und aus 25—35μ starken Steinzellen aufgebaut. Alle Steinzellengruppen sind von Zellen mit 15—17μ grossen Einzelkristallen umgeben.

Die primären Faserbündel zeigen im Querschnitt eine halbmondförmige Gestaltung d. h. eine konvexe Aussenseite und eine konkave Innenseite; sie sind zumeist 150—300μ breit und nur 40—60μ dick. Sie bestehen aus etwa 12—17μ starken Fasern und sind von Kristallzellreihen mit Einzelkristallen umgeben; eine Vereinigung von Fasern und Steinzellen tritt bei dieser Art im ersten primären Faserring nicht auf.

Nach einer etwa 200μ tiefen Weichbastschicht folgen die ersten sekundären Bastfasergruppen, die mit den verholzten Markstrahlen einen teilweise unterbrochenen, gemischten Sklerenchymring bilden. Die im Umfang rundlichen, 80—90μ tiefen, 60—100μ breiten Bastfaserbündel bestehen aus in radialer Richtung etwas gedehnten, gewöhnlich 15—25μ starken Fasern. Die zwischen den Bündeln gelegenen Zellen der einreihigen Markstrahlen sklerotisieren nicht nur in der Höhe der Bündel, sondern auch nach oben und unten über diese etwas hinaus; an den verbreiterten Stellen der Markstrahlen bilden sich rundliche, auch über die Höhe der Faserbündel hinausragende, meist 100—170μ starke Gruppen von gestreckten, dicht gelagerten, 30—60μ grossen Steinzellen.

Die meist 5 Lagen tiefen Bündel des zweiten sekundären Faserringes sind stets von Kristallzellreihen mit Einzelkristallen umgeben, sie werden durch einreihige, stellenweise verholzte oder unverholzte Markstrahlen voneinander getrennt. Die Bastfasern sind von gleicher Dicke und Form wie diejeni-

gen des ersten sekundären Ringes, sie bilden gewöhnlich 90—120μ dicke Bündel, welche die ganze Breite des Baststrahles ausfüllen. Des öfteren bildet sich zwischen den zumeist 60μ voneinander entfernten Markstrahlen kein Hartbast, demzufolge die Bastfaserbündel in bis 300μ grossen Abständen vorkommen können. Der Weichbast zeigt bis zum Kambium rundliche, meist 20μ breite Siebröhren und kleine, in tangentialen Schichten angeordnete Parenchymzellen.

III. Querschnitt durch eine 2 mm dicke Rinde.

Der Kork besteht aus etwa 15 Lagen tafelförmiger, unverdickter, 20—35μ breiter und 10μ tiefer Zellen. Auf ein kollenchymatisch verdicktes Hypodermgewebe folgt das aus grossen, fast rechteckigen, 30—60μ breiten, meist 25μ tiefen Zellen aufgebaute Grundparenchym, in dem manche Zellen 15—17μ grosse Drusen von Kalziumoxalat führen. In der primären Rinde kommen die auf Querschnitt I. und II. beschriebenen kleineren und grösseren Steinzellengruppen in entsprechend weiteren Abständen vor. Die kleineren Gruppen von Steinzellen, welche im Kollenchym vorkommen, können, wenn auch nur selten beobachtet, gleichfalls einen Durchmesser von 120μ aufweisen.

Die kleinen primären Fasergruppen, in grossen Abständen voneinander gelagert, sind ohne Steinzellen; hingegen zeigen sich seitlich der ersten sekundären Faserbündel fast immer Steinzellen. Die Zellen der verbreiterten Marstrahlen bilden sich in der Zone zwischen den Faserbündeln und nach aussen und innen über diese hinausgehend zu Steinzellen um. In dem nichtverbreiterten, einreihigen Markstrahlen tritt demzufolge nur eine Reihe verholzter Zellen auf.

Der zweite sekundäre Faserring, durch einen bis 300μ tiefen Weichbast von dem ersten getrennt, führt seltener grössere Steinzellengruppen von oben beschriebener Form und Grösse. Gewöhnlich bilden hier die Faserbündel mit den verholzten Zellen des einreihigen Markstrahls zusammenhängende Bänder, die nur an den Stellen, wo sich kein Hartbast gebildet hat, unterbrochen sind. Der nun folgende Weichbast zeigt zunächst einige Lagen parenchymatischer Zellen, dann abwechselnd obliterierte, 25—30μ breite Siebröhren und tangential gestreckte, 20—28μ grosse Parenchymzellen (Fig. 9).

Die Abstände zwischen den Fasergruppen des dritten sekundären Ringes sind sehr variabel, zumeist stehen zwei Bündel dicht nebeneinander und dann folgt jeweils ein grösserer Zwischenraum. Zwischen diesen zwei Bündeln verholzt

der Markstrahl, was aber nicht stets der Fall ist. Die meist 2—5 Lagen tiefen Fasergruppen füllen die ganze Breite zwischen den Markstrahlen aus, sie sind stets von Kristallzellreihen mit 12μ grossen Einzelkristallen begleitet.

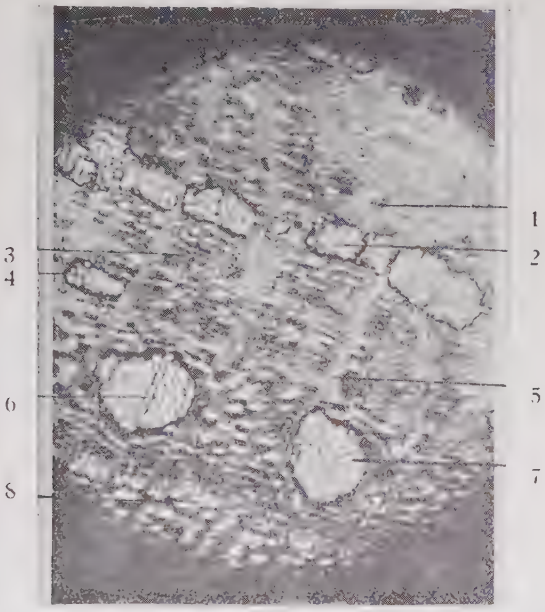


Fig. 9.
Populus tremula L.
Querschnitt durch die Innenrinde einer 2 mm dicken Rinde. (Vergr. 70).

1 = Oxalatdrusen im Weichbast
2 = dritter sekundärer Faserring
3 = Parenchymzellen im Weichbast
4 = Faserbündel des vierten sekundären Faserringes
5 = einreihiger Markstrahl
6 = verholzte Markstrahlzellen
7 = Bündel des fünften sekundären Faserringes
8 = Siebröhre

Die etwa 60—90μ breiten Bündel des vierten und fünften sekundären Faserringes zeigen gleiche Form und Anordnung wie die des dritten Ringes, sie haben stellenweise eine Tiefe von 7—9 Lagen. Die radial gestreckten Zellen des einreihigen, 15μ breiten Markstrahls sind des öfteren auch zwischen diesen Bündeln verholzt. Bis zum Kambium folgt nun ein Gewebe aus rundlichen Siebröhren mit kleinen 15μ langen und 5—7 brei-

ten Geleitzellen und grösseren Parenchymzellen. Letztere sind entweder vereinzelt neben den Siebröhren oder in tangentialen Schichten gelagert.

POPULUS ALBA L.
Silber-oder Weisspappel.
(Material: Botanischer Garten, Basel).

I. Querschnitt durch eine junge, 0,55—0,72 mm dicke Rinde.

Unter der filzig behaarten Epidermis ein vierschichtiges Korkgewebe. Die Korkzellen unverdickt, rechteckig, in den äusseren Lagen quadratisch, nach innen meist tangential gestreckt. Innerhalb einer schmalen Phellogenschicht ein nur einschichtiges Phelloderm.

Das kollenchymatisch verdickte, 4—5 schichtige, aus tangential gestreckten Zellen bestehende Hypodermgewebe geht in ein unverdicktes, gleichgestaltetes Grundparenchym über.

Schon frühzeitig zeigen manche Zellen der primären Rinde, besonders in den unteren Schichten des Hypoderms, eine Umwandlung in Steinzellen. Diese verholzten Elemente sind gerundet-polyedrisch, die nicht verholzten tangential gestreckt. Auch in dem parenchymatischen Grundgewebe zeigen die dem Kollenchym zunächst benachbarten Zellen stellenweise eine Verholzung. Diese Sklerotisierung findet schon in jüngeren Rinden statt, es bildet sich aber niemals ein geschlossener Ring; bei älteren Rinden beobachtet man nur noch kleinere zerstreute Gruppen verholzter Zellen.

Wir haben bei derselben Populus alba auf Querschnitten gleicher Dicke, jedoch anderen Zweigen entnommen, diese Sklerotisierung nicht immer angetroffen, so dass dieses Merkmal wohl nicht für alle Rindenstücke gleicher Dicke typisch ist. Die verholzten Zellen im parenchymatischen Grundgewebe unterscheiden sich von denen des Hypoderms durch ihre Grösse und Form; erstere sind grösser, nicht rundlich, mehr quadratisch. Sie bilden gemeinsam Gruppen von durchschnittlich 70—90 μ Durchmesser und sind völlig von Zellen mit Einzelkristallen umgeben. Im unverholzten Parenchym treten 15—20 μ grosse Kalziumoxalatdrusen auf.

Die primären Fasergruppen bilden in diesem Stadium noch einen fast geschlossenen Ring, sie haben in radialer Richtung einen Durchmesser von 50—100 μ, in tangentialer einen solchen von 100—300 μ und werden durch 15—50 μ starke Parenchymlagen getrennt. Durch das Dilatationswachstum der Parenchymzellen können diese Entfernungen variieren. Die

Fasergruppen werden ringsum von Kristallzellreihen mit 8—15μ grossen Einzelkristallen begleitet. Diese, im Querschnitt rundlichen oder tangential gestreckten Gruppen weisen etwa die gleiche Anzahl von Fasern auf. Die primären Fasern, im Querschnitt 12—16μ dick, deutlich geschichtet, geben nur in den Mittellamellen mit Phloroglucin-Salzsäure eine intensiv rote Färbung. In dem zwischen diesen Fasergruppen gelegenen Parenchym trifft man des öfteren tangential gestreckte, grosslumige, mit Tüpfeln versehene Steinzellen, die entweder den Fasergruppen angelagert sind oder frei liegen. Die Grösse dieser Steinzelen gleicht der jenigen der sie umgebenden Parenchymzellen, d. h. in tangentialer Richtung messen sie meistens 43—48μ, in radialer 27—30μ.

Zwischen den oben besprochenen primären Fasergruppen und dem ersten sekundären Bastfaserring finden sich die Siebröhren mit den Geleitzellen, im Grundparenchym ferner Zellen mit kleinen Oxalatdrusen. Die ersten sekundären Bastfaserbündel weisen tangential meistens eine Breite von 50—110μ, radial eine Dicke von 50—70μ auf. Dies entspricht im radialen Durchmesser etwa der Zahl von 3—4 Fasern. Die sekundären Bastfasern sind stärker als die primären, gewöhnlich 17—19μ dick.

Die Markstrahlen sind zwischen den ersten sekundären Bastfasergruppen noch einreihig, sie verholzen an den Berührungsstellen mit den Faserbündeln. Diese Verholzung zeigt sich im zuerst angelegten sekundären Ring, in den späteren Ringen ist dies gewöhnlich nicht der Fall. Die Bastfasergruppen sind von Kristallzellreihen mit Einzelkristallen begleitet.

Das Kambium zeigt in diesem Stadium noch die Form eines fünfstrahligen Sterns, demzufolge ist die Rinde ungleich dick.

II. Querschnitt durch eine 1,1mm dicke Rinde.

Epidermis nicht mehr vorhanden, der Kork etwa achtschichtig, Phellogen und Phellodermschicht nicht mehr gut sichtbar. Die sklerotisierten Elemente im Kollenchym und Parenchym bilden jetzt vereinzelte rundliche oder tangential gestreckte Gruppen von Steinzellen. Es kommen, besonders in den oberen Schichten des Kollenchyms, auch kleine, rundliche, vereinzelt liegende, verholzte Zellen vor; doch meistens finden sich diese in verschieden grossen Gruppen. Diese Gruppen bestehen aus kleinen, geschichteten Steinzellen, welche in tangentialer Richtung die Grösse von 45μ nur selten überschreiten.

Im Grundparenchym, d. h. zwischen den oben besprochenen Gruppen und den primären Faserbündeln finden sich Gruppen von rundlichen, 40—50μ grossen Steinzellen, welche gleichfalls von Einzelkristallzellen umgeben sind. An der Peripherie dieser Steinzellengruppen beobachtet man zuweilen bis 100μ grosse, gestreckte, teils auch verzweigte Steinzellen.

Auch zwischen den primären Faserbündeln trifft man häufig Gruppen von Steinzellen, welche entweder den Faserbündeln anliegen oder vereinzelt zwischen diesen gelagert sind. Nicht selten sieht man, dass zwei Faserbündel dicht nebenein ander liegen und sich zwischen ihnen kleine, runde Steinzellen bilden, während zwischen den weiter voneinander entfernten Bündeln die Steinzellen gewöhnlich grösser, mit Tüpfelkanälen versehen und tangential gestreckt sind. Drusen finden sich in der Aussen-und Mittelrinde reichlich, in der Innenrinde sind sie sehr selten. Die Schicht zwischen dem primären und dem ersten sekundären Sklerenchymring ist zumeist frei von Steinzellen; nur in einem Falle konnten wir eine Gruppe von Steinzellen antreffen.

Der erste sekundäre Sklerenchymring ist nur stellenweise geschlossen; durch erweiterte, unverholzte Markstrahlen werden die Bastfasergruppen mehr und mehr auseinander geschoben. Nur zum Teil verwandeln sich die Parenchymzellen in Steinzellen, so dass sich kein völlig geschlossener Sklerenchymring bildet. Der Radialdurchmesser dieser Steinzellengruppen beträgt etwa 60—120, derjenige der Faserbündel nur 60—85μ. Die Steinzellengruppen sind von Zellen mit Einzelkristallen umgeben, bei den Fasergruppen sind diese nur seitlich der Markstrahlen gut sichtbar.

Der nun folgende Weichbast zeigt obliterierte, bis 35μ breite Siebröhren, welche von kleineren parenchymatischen Zellen umgeben sind. Die Faserbündel des zweiten sekundären Ringes füllen meist die Breite des Rindenstrahles aus; sie messen in radialer Richtung 60—100μ, in tangentialer 40—150μ und sind stets von Zellen mit Einzelkristallen begleitet. Die Bastfasern selbst messen im Querschnitt bis 25μ. Die einreihigen, 15—20μ breiten Markstrahlen sind nur selten zwischen den Bastfasergruppen verholzt, meistens bleiben sie an diesen Stellen unverholzt. Das nun folgende Gewebe bis zum Kambium zeigt gerundete, im Querschnitt 25—35μ grosse Siebröhren, kleine Geleitzellen und ein verhältnismässig weitlumiges Parenchym.

III. Querschnitt durch eine 1,4 mm dicke Rinde, einem mehrjährigen, stärkeren Ast entnommen.

Der Kork besteht aus etwa zehn Lagen unverdickter, bis 40 μ breiter und bis 13 μ tiefer, rechteckiger Zellen. In den innersten Korkschichten sind die Zellen meist durch eine radiale Wand geteilt, so dass jede einzelne dieser Zellen nicht

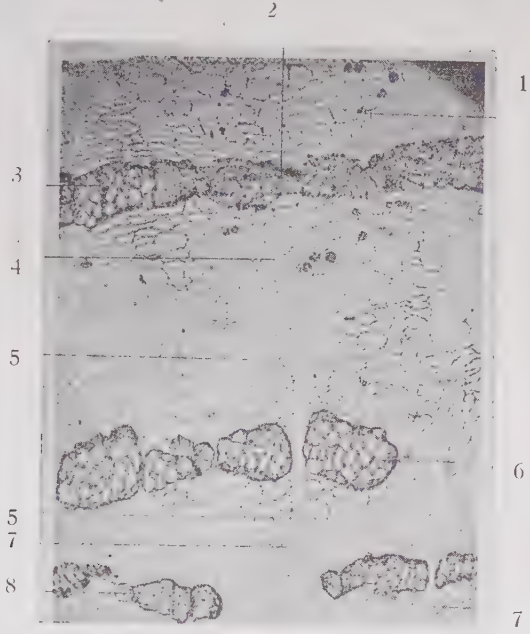


Fig. 10.
Populus alba L.
Querschnitt durch den inneren Teil einer 1,4 mm dicken Rinde (Vergr. 80).

1 = Oxalatdrusen im Weichbast
2 = Steinzellen des gemischten Sklerenchymringes
3 = Faserbündel des ersten sekundären Ringes
4 = verbreiterter Markstrahl
5 = Weichbastschichten
6 = Faserbündel des zweiten sekundären Ringes
7 = unverholzte Markstrahlen
8 = Faserbündel des dritten sekundären Ringes

breiter als 17—20 μ ist. Dem Phelloderm folgt ein aus 4—5 Lagen tangential gestreckter, kollenchymatisch verdickter Zellen gebildetes Hypoderm. Im Grundparenchym zahlreiche

Zellen mit 12—18μ grossen Kalkoxalatdrusen. Die zwischen dem Kork und den primären Faserbündeln auftretenden Steinzellengruppen finden sich hier in grösseren Abständen.

Die primären Fasergruppen zeigen im Querschnitt zumeist eine halbmondförmige Gestaltung, an der äusseren Seite konvex, an der inneren konkav. Kleine, den 80—100μ starken primären Faserbündeln anliegende Gruppen von Steinzellen sind fast stets im radialen Durchmesser schmäler als diese Faserbündel. Neben den im Querschnitt rundlichen Steinzellen sehen wir auch solche von gestreckter Form; letztere waren in der jüngeren Rinde nur ausserhalb des Faserringes sichtbar. Die nun folgende Weichbastschicht ist infolge des Dickenwachstums schwächer geworden.

Die Bastfasern des ersten sekundären Ringes stellen 3—4 Lagen tiefe Bündel dar, während die Fasern der primären Bündel etwa 7—8 Lagen aufweisen. Die ersten sekundären Fasergruppen bilden mit den zwischenliegenden verholzten Zellen einen, wenn auch nicht überall völlig geschlossenen Ring (Fig. 10). Die Markstrahlen haben sich keilförmig verbreitert.

Die Bastfasergruppen des zweiten sekundären Ringes bilden keinen geschlossenen Ring, die einreihigen Markstrahlen verholzen hier gewöhnlich nicht und es treten zwischen zwei Markstrahlen nicht immer Faserbündel auf. Die Weichbastschichten sind in radialer Richtung stets tiefer als die Hartbastschichten, sie bestehen aus in den äusseren Schichten obliterierten Siebröhren, kleinen bis 15μ langen und 4—5μ breiten Geleitzellen, und etwas weitlumigerem Parenchymgewebe.

Der dritte sekundäre Ring setzt sich aus etwa 50—60μ dicken Fasergruppen zusammen, welche in der radialen Richtung meist 3 Lagen aufweisen. Diese Gruppen sind durch einreihige unverholzte Markstrahlen getrennt. Die Fasern, dieser Bündel sind von gleicher Grösse und Form wie die des ersten und zweiten sekundären Ringes. Sämtliche Fasergruppen sind von Zellreihen mit Einzelkristallen begleitet. Der nun folgende Weichbast zeigt die gleichen Elemente wie der äussere, nur dass die Siebröhren nicht obliteriert sind. Es folgt die Kambiumschicht.

POPULUS BALSAMIFERA L.
Balsam-Pappel.
(Material: Botanischer Garten — Wien).

I. Querschnitt durch eine 0,8 mm dicke Rinde.

Die Epidermis besteht aus tangential gestreckten, 20—27μ breiten Zellen, überzogen von einer 5—6μ dicken Kutikula, das Korkgewebe aus zwei Schichten rechteckiger, etwas dickwandiger, 40—50μ breiter Zellen. Dem Phellogen folgt ein einschichtiges Phelloderm. Das 7—8 schichtige Hypoderm besitzt schwach kollenchymatisch verdickte, ovale, 35—55μ breite und 12—19μ tiefe Zellen. In ihm tretten nahe dem Grundparenchym, in einer tangentialen Reihe angeordnet, vereinzelte kleinere, mit Kristallzellen versehene Gruppen von nur wenigen, 30—50μ breiten Steinzellen auf. Im grosslumigen Parenchym reichlich Zellen mit 25—30μ grossen Kalziumoxalatdrusen.

Die primären, aus meist 15—17μ starken, deutlich geschichteten Fasern gebildeten Bündel sind in tangentialer Richtung 200—450μ, in radialer 140—180μ gross und durch breites Parenchymgewebe voneinander getrennt. In dem nun folgenden, etwa 200μ tiefen Weichbast treten ungefähr 38μ breite Siebröhren mit kleineren Geleitzellen und grössere Parenchymzellen auf.

In der sekundären Rinde haben wir 50—100μ breite und 60—90μ tiefe Faserbündel, die meist aus 20—25μ starken Bastfasern bestehen und gleichfalls, wie diejenigen in der primären Rinde, von Kristallzellreihen mit 13—16μ grossen Einzelkristallen umgeben sind. Man beobachtet nur selten, dass die Zellen der einreihigen, 15μ breiten Markstrahlen zwischen den Faserbündeln verholzt sind.

II. Querschnitt durch eine 1,3 mm dicke Rinde.

Die Epidermis ist nicht mehr vorhanden. Aussen ein etwa achtschichtiges Korkgewebe aus rechteckigen, tangential gestreckten, in den oberen Lagen 50μ, in den unteren nur 25μ breiten und 15—17μ tiefen Zellen. Phellogen und Phelloderm wie oben (Querschnitt I.), doch weniger deutlich. In dem etwa achtschichtigen, schwach kollenchymatisch verdickten Hypodermgewebe kleinere Steinzellengruppen, allseitig von Zellen mit 15—18μ grossen Einzelkristallen umgeben. Zumeist bestehen diese Gruppen nur aus einigen rundlichen, bis 50μ

breiten und bis 30μ tiefen Steinzellen; daneben können aber auch noch schmalere, etwas gebogene, bis 100μ grosse Steinzellen auftreten. Im parenchymatischen Gewebe reichlich bis 30μ grosse Kalziumoxalatdrusen.

Die im Querschnitt rundlichen, bis 10 Lagen tiefen, primären Faserbündel weisen in diesem Stadium noch grössere Abstände auf. Nur zuweilen bilden sich zwischen ihnen im Grundparenchym kleinere, vereinzelte, von Einzelkristallzellen umgebene Gruppen tangential gestreckter Steinzellen; des öfteren beobachtet man aber, dass einige rundlich-gestreckte, 30—50μ breite Steinzellen den Faserbündeln seitlich anliegen (Fig .11).

Fig. 11.
Populus balsamifera L.
Querschnitt durch eine 1,3 mm dicke Rinde. (Vergr. 70).

1 = Grundparenchym
2 = primäre Fasergruppe
3 = Steinzellen
4 = einreihige Markstrahlen
5 = Faserbündel des ersten sekundären Ringes
6 = Weichbast
7 = Siebröhre
8 = Faserbündel des zweiten sekundären Ringes.

Die ersten sekundären Faserbündel, durch einen etwa 230μ tiefen Weichbast von den primären getrennt, zeigen keinen geschlossenen Ring, denn es bilden sich nicht immer Faser-

gruppen zwischen den Markstrahlen. Die Markstrahlen sind teils einreihig, teils schon verbreitert, sie verholzen jedoch zwischen den Faserbündeln nur selten. Die vorhandenen 3—4 Lagen tiefen Faserbündel füllen die ganze Breite eines Baststrahles aus.

Der folgende Weichbast lässt abwechselnd tangentiale Schichten von elliptischen, 18—37μ grossen Parenchymzellen und obliterierten, 25—45μ breiten Siebröhren mit kleinen Geleitzellen erkennen. Die meist 2—3 Lagen tiefen, 50—100μ breiten, fast rechteckigen Faserbündel des zweiten sekundären Ringes bestehen aus 20—25μ starken Fasern und sind stets von Kristallzellreihen mit 13—16μ grossen Einzelkristallen begleitet. Die zwischen den Bündeln 15μ breiten, 30—40μ tiefen Zellen des einreihigen Markstrahls sind auch hier selten verholzt.

III. Querschnitt durch eine 1,7 mm dicke Rinde.

Im Kork konstatieren wir an Stelle der 8 Lagen des Stadium II. nun 9 Lagen rechteckiger, tangential gestreckter, 20—60μ breiter Zellen; Phellogen und Phelloderm zeigen gleichfalls keine Unterschiede. Es treten auch hier an der Grenze des Kollenchyms zum Parenchym vereinzelt kleinere Steinzellengruppen auf, eingehüllt von Zellen mit grösseren Einzelkristallen. Die Faserbündel sind umgeben von Kristallzellreihen mit kleineren Einzelkristallen. Oxalatdrusen reichlich in der Aussen- und Mittelrinde, spärlich in der Innenrinde. Die im Querschnitt rundlichen primären Faserbündel heben sich bei dieser Art durch ihre Grösse ab, sie liegen in grösseren Abständen und sind zumeist ohne Belag von Steinzellen.

Die etwa 90μ tiefen Bündel des ersten sekundären Faserringes sind durch ein auf 80—170μ verbreitertes Markstrahlgewebe getrennt. In letzterem treten oft Steinzellengruppen auf, bestehend aus 40—50μ grossen, tangential gestreckten Zellen; sie bilden dann mit den Fasergruppen tangentiale Bänder. Der ziemlich stark entwickelte Weichbast zeigt abwechselnd tangentiale Lagen bis 40μ breiter Parenchymzellen und obliterierter Siebröhren mit ihren Geleitzellen.

Die im Umfang rechteckigen, meist 3 Zellen tiefen und 3—4 Zellen breiten Bündel des zweiten sekundären Ringes bestehen aus 20-25μ starken Bastfasern. Die verbreiterten Markstrahlen verholzen zumeist nicht zwischen diesen Bündeln; ist es aber der Fall, so bilden sich gewöhnlich zwei tangentiale Lagen etwa 40μ breiter, 25—30μ tiefer, meist u-förmig verdick-

ter Steinzellen. Die etwa 60—70μ tiefen, je nach der Differenz in der Entfernung der einreihigen, unverholzten Markstrahlen verschieden breiten Faserbündel des dritten sekundären Ringes weisen weitlumigere, etwa 20—27μ starke Fasern auf.

Im Weichbast sieht man zunächst einige tangentiale Schichten nur parenchymatischen Gewebes, dann folgen die rundlichen, 30—40μ breiten Siebröhren mit den 15μ langen und 5—6μ breiten Geleitzellen.

SALIX - RINDEN.

ENTWICKLUNGSGESCHICHTE DER RINDE VON SALIX PURPUREA L.

(= S. monandra Ard. = S. fissa Wahlenb.) Purpur-, Korb- oder Krebsweide.

(Material: Botanischer Garten - Genf und Umgebung von Basel).

I. Querschnitt einer 0,3 mm dicken Rinde eines etwa 1,5 mm starken Zweiges.

Die an der Basis abgerundeten, nach oben etwas spitz zulaufenden, 9—12μ breiten Epidermiszellen sind radial gestreckt und besitzen starke, kutinisierte Aussenwände. Es folgen 4—5 Lagen kollenchymatisch verdickter, meist 15μ tiefer Zellen von rundlicher oder bereits tangential gestreckter Form. Die Zellen des anschliessenden Grundparenchyms messen in tangentialer Richtung 20—35μ, in radialer 15—18μ, einige derselben führen 18—25μ grosse Oxalatdrusen. Kleinere Interzellularräume treten häufiger auf.

In dem allein vorhandenen primären Faserring sind die etwa 100—180μ breiten und zumeist 4—6 Zellagen tiefen Bündel nur durch 40—60μ breite Parenchymschichten voneinander getrennt. Die Fasern sind etwa 10—15μ stark.

Der Weichbast führt Zellen mit Gerbstoff und seltener mit kleinen Oxalatdrusen; die teils schon etwas tangential gestreckten, bis 20μ breiten Siebröhren sind von Geleitzellen umgeben.

II. Querschnitt einer etwa 0,4 mm dicken Rinde eines einjährigen, 1,7 mm dicken Zweiges.

Alle Epidermiszellen sind durch tangentiale Wände in zwei Zellagen geteilt, von denen die untere zum Phellogen wurde. Schon kurz nach der ersten Teilung trat in den Phellogenzellen eine weitere Teilung ein, und es entstand die erste Phellodermlage.

Dieser folgen zunächst einige Lagen kollenchymatisch verdickter, 15—35μ breiter und 15—18μ tiefer Zellen, dann Grundparenchym. Die Zellen des letzteren sind bis 50μ breit, etwas dickwandig, einige führen 17—30μ grosse Oxalatdrusen. In diesem Grundgewebe liegen in Abständen von nun 150—200μ die primären Faserbündel, welche sich teilweise schon durch zwischengeschobenes Parenchym aufgeteilt haben.

In der Umgebung dieser Bündel treten kleine, rundliche, besonders reichlich gerbstoffführende Zellen auf. Die Parenchym-

zellen des etwa 100μ tiefen Weichbastes messen in tangentialer Richtung 15—18μ, führen ebenfalls Gerbstoff, doch nicht in so reichem Masse. Die Siebröhren sind etwas grösser als die Parenchymzellen und im Querschnitt bereits etwas polyedrisch.

Die Zellen der einreihigen Markstrahlen sind nahe dem Kambium radial gestreckt, etwa 20μ tief und 10—15μ breit, nach aussen hin werden sie allmählich rundlich bis tangential gestreckt.

Es ist bereits ein sekundärer, aber nicht geschlossener Faserring angelegt. Seine Bündel sind 2—3 Zellagen tief, weniger umfangreich als die primären, sie werden von Kristallzellreihen mit etwa 6μ grossen Einzelkristallen begleitet. Auch hier kleine gerbstoffführende Parenchymzellen, und weiter nach innen grössere im Querschnitt noch rundliche Siebröhren. Als innere Begrenzung folgt die Kambiumschicht.

III. Querschnitt einer 0,5—0,6 mm dicken Rinde eines zweijährigen Zweiges.

Die Korkbildung ist weiter fortgeschritten. Wir beobachten zwei Korkzellagen; die obere ist aus den, durch Teilung der Epidermis gebildeten äusseren Zellen, die untere aus dem vorjährigen Phellogen entstanden. In diesen Korkzellen sind die tangentialen Aussenwände, wie auch ein Teil der Seitenwände verdickt und verkorkt, es sind sogenannte Arkadenkorkzellen. Das dem Phellogen folgende zweischichtige Phelloderm zeigt etwa 10μ tiefe und 15—25μ breite Zellen.

Einem vierschichtigen Kollenchym, in dem stellenweise Zellen mit Oxalatdrusen anzutreffen sind, schliesst sich ein grosszelliges, gerbstoffreiches Parenchym an.

Einige primäre Fasergruppen haben sich weiter geteilt, es treten demzufolge kleine Gruppen von nur etwa 3—4 Fasern auf. Die grösseren Bündel, 120—200μ breit, sind durch etwa 300μ weite Abstände getrennt. In den grösseren Bündeln heben sich an der Unterseite einige Fasern durch stärkeren Umfang hervor (bis 18μ). Der nun folgende Weichbast hat nur eine Tiefe von 80μ, einige seiner Zellen führen 15—17μ grosse Drusen, die Siebröhren sind obliteriert.

Die Bündel des ersten sekundären Faserringes bestehen zumeist aus 3 Lagen, doch finden sich auch solche, die nur eine Lage Fasern aufweisen. Die Markstrahlen sind einreihig, ihre Zellen sind auf 30μ verbreitert; bei einigen derselben zeigen sich Teilungen durch radiale Wände.

Der zweite und der dritte sekundäre Faserring sind nicht völlig geschlossen; die 25—50μ breiten, 2—3 Zellagen tiefen Bündel werden von Zellreihen mit 6—8μ grossen Einzelkristallen begleitet. Nur seitlich dieser Bündel sind die Markstrahlzellen radial gestreckt, etwa 20—25μ tief und 13—17μ breit.

Die 80—100μ tiefen Weichbastschichten der sekundären Rinde bestehen aus 18—22μ breiten Siebröhren, kleinen, nur selten Oxalatdrusen oder Einzelkristalle führenden Parenchymzellen und aus rundlichen, besonders reichlich in der Nähe der Bündel auftretenden Gerbstoffzellen.

IV. Querschnitt einer 0.8 mm dicken Rinde eines dreijährigen Zweiges.

Der Kork ist gegenüber dem Querschnitt III. in seiner äusseren Schicht nicht verändert, doch hat sich nach innen eine neue Phellodermlage aus 25—30μ breiten und etwa 12μ tiefen Zellen abgeschieden. Demzufolge sehen wir nur zwei aus arkadenförmigen Zellen bestehende Korklagen. Bei manchen Phellogenzellen ist bereits eine weitere tangentiale Teilung zu beobachten. Im Hinblick auf das dreischichtige Phelloderm ist anzunehmen, dass sich jährlich nur eine Phellodermlage bildet und dass dies noch vor der Absonderung einer neuen Korklage geschieht.

Es folgen zunächst 4—5 Lagen stark kollenchymatisch verdickter, 25—40μ breiter und 14—18μ tiefer Zellen, dann ein grosslumiges, oxalatdrusenführendes Parenchym. Die primären, zumeist 120—160μ breiten, 4—6 Zellagen tiefen Faserbündel stehen gegenüber Stad. III in noch grösseren Abständen.

Der erste sekundäre Faserring besteht aus 2—3 schichtigen, 80—100μ breiten und 25—35μ tiefen Gruppen. Diese liegen in unregelmässigen, engeren oder weiteren, selbst bis 200μ breiten Abständen. Der 60—70μ tiefe Weichbast zeigt schon etwas obliterierte, zumeist 20μ breite und 8—10μ tiefe Siebröhren mit kleinen Geleitzellen, ferner 20—30μ breite, 10—17μ tiefe gerbstoffführende Zellen und, wenn auch nur selten, Zellen mit etwa 20μ grossen Oxalatdrusen.

Die Markstrahlen sind einreihig, 15—30μ breit, einige der Zellen bereits radial geteilt. Neben den einreihigen Markstrahlen finden sich in gewissen Abständen auch verbreiterte, die in tangentialer Richtung bis 100μ messen können. Der zweite sekundäre Ring besteht gleichfalls aus 2—3 Zellagen tiefen Fasergruppen, die durch einreihige bezw. verbreiterte Mark-

strahlen getrennt sind. (S. Fig. 12). Einem etwa 70μ tiefen Weichbast folgt der dritte sekundäre Faserring. Alle Faserbündel der sekundären Rinde sind 1—4 Zellagen tief

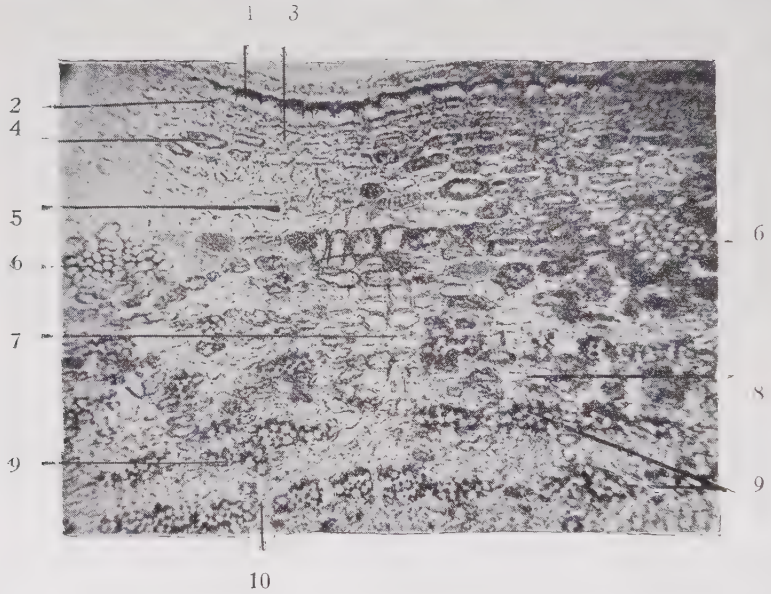


Fig. 12.
Salix purpurea L.
Querschnitt durch den äusseren und mittleren Teil einer 0,8 mm dicken Rinde. (Vergr. 110).

1 = Korklage arkadenförmiger Zellen
2 = Phellogen
3 = Phelloderm
4 = Kollenchym
5 = Grundparenchym
6 = primäre Faserbündel
7 = verbreiterter Markstrahl
8 = Weichbast
9 = sekundäre Faserbündel
10 = einreihiger Markstrahl

und von Zellreihen mit etwa 6—8μ grossen Einzelkristallen begleitet, die Fasern selbst etwas schwächer als die der primären Rinde. Die Breite der sekundären Faserbündel ist gleich der Entfernung der Markstrahlen, d. h. in den meisten Fällen 50—80μ.

Die Weichbastschichten werden dem Kambium zu tiefer, sie messen in radialer Richtung bis 110μ. In der Umgebung der Faserbündel, besonders unterseits, beobachtet man gerbstoffreiche, 17—22μ breite und etwa 10μ tiefe Parenchymzellen. Die Siebröhren sind in den inneren Schichten weniger obliteriert, sie zeigen in radialer Richtung eine Tiefe von 12—15μ.

Der vierte und fünfte sekundäre Faserring ist gleichfalls nicht völlig geschlossen. Beide unterscheiden sich von den früher beschriebenen nur dadurch, dass zwischen ihren Faserbündeln nur einreihige, unverbreiterte Markstrahlen auftreten, die aus 13—17μ breiten und 17—30μ tiefen Zellen bestehen.

V. Querschnitt einer etwa 1 mm dicken Rinde eines vierjährigen Zweiges.

Die frühere äusserste Schicht ist abgeworfen, wir beobachten drei Lagen arkadenförmiger Korkzellen, das Phellogen und ein vierschichtiges Phelloderm.

Neben dem primären Faserring sind nun 8 sekundäre zu erkennen, letztere jeweils durch 60—100μ tiefen Weichbast getrennt. In den drei äusseren sekundären Faserringen wiederholt sich das Bild, dass z. B. einerseits 3—4 Fasergruppen nur durch einreihige Markstrahlen getrennt sind und andererseits keilförmig verbreiterte Markstrahlen auftreten. Die Zellen dieser letzteren sind 30—70μ breit, in ihren Wandungen etwas verdickt und führen Gerbstoff oder bis 25μ grosse Oxalatdrusen.

In den äusseren Ringen sind die Faserbündel zumeist isoliert, in den inneren trifft man auch Verschmelzungen an.

Die Weichbastschichten lassen 20—30μ breite Siebröhren und ein aus gerbstoffführenden tangential gestreckten Zellen gebildetes Parenchym erkennen. Wie bei Stad. IV. angegeben sind nahe dem Kambium die Zellen des einreihigen Markstrahles radial gestreckt, 20—30μ tief und 12—16μ breit.

VI. Querschnitt einer 1,6 mm dicken Rinde.

Wir zählen nun 12 sekundäre, aus verschieden starken Bündeln zusammengesetzte Faserringe. In den äusseren Ringen sind die Bündel zumeist 50—110μ breit, sie verschmälern sich nach innen bis auf 40—80μ. Die innersten Faserringe erscheinen als geschlossene tangentiale Bänder; doch sind die Zellen der einreihigen Markstrahlen im Gegensatz zu unseren Beobachtungen bei den Populus-Arten nicht verholzt. An einigen Stellen tritt zwischen den Faserbündeln aufeinanderfolgender Ringe dort, wo der Weichbast weniger stark entwickelt ist, eine Verschmelzung ein (S. Fig. 13).

Die 50—120μ tiefen Weichbastschichten sind gewöhnlich mächtiger als die Hartbastschichten, sie bestehen aus etwa

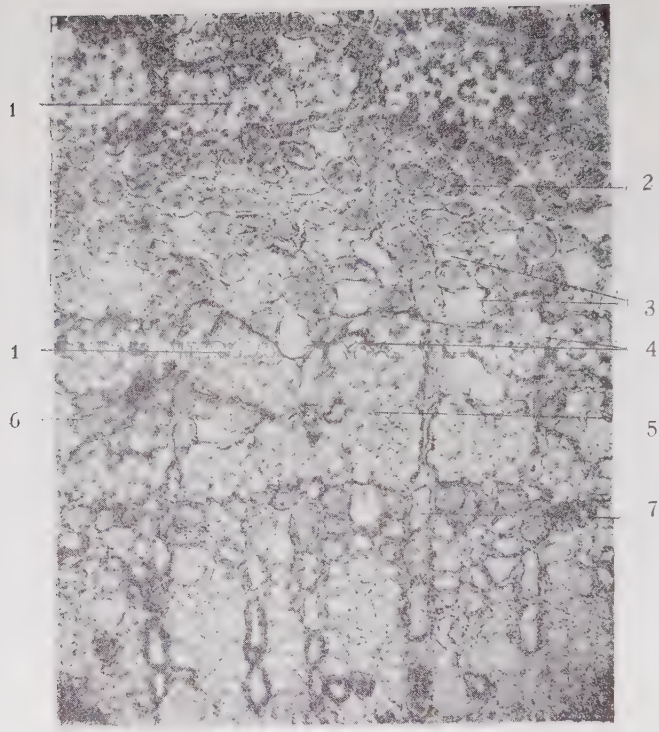


Fig. 13.
Salix purpurea L.
Querschnitt durch den inneren Teil einer 1,6 mm dicken Rinde. (Vergr. 250).

1 = Faserring
2 = gerbstoffführendes Parenchym des Weichbastes
3 = Siebröhren
4 = Zellreihen mit Einzelkristallen
5 = Verschmelzung der Faserbündel
6 = schwach entwickelter Weichbast
7 = einreihiger, unverholzter Markstrahl.

25μ breiten Siebröhren und aus tangential gestreckten 15 bis 25μ grossen gerbstoffführenden Parenchym-Zellen. Nur selten finden sich Zellen mit kleinen Oxalatdrusen.

SALIX FRAGILIS L.

(= S. pendula Ser. = S. decipiens Hoffm. = S. fragilior Host = S. persicifolia Schleich.). Bruch-, Knack-, Glas- oder Spröck-Weide.

(Material: Botanischer Garten — Genf).

I. Querschnitt einer 0,3 mm dicken Rinde eines einjährigen, etwa 2 mm dicken Zweiges.

Die Epidermis besteht aus etwa 12—15μ breiten Zellen mit 5—8μ dicken, kutinisierten Aussenwänden. Eine tangentiale Teilung der Epidermiszellen ist noch nicht zu bemerken. *et* (1907, S. 80) konnte bei einer Rinde eines gleichdicken Zweiges bereits tangentiale Teilungen (Korkbildung) beobachten.

Der Epidermis folgt ein 4—5 schichtiges Kollenchymgewebe aus isodiametrischen, etwa 15—30μ breiten Zellen mit stark verdickten Wänden. Das nun folgende Grundparenchym, bestehend aus 25—40μ grossen, etwas verdickten Zellen, ist reich an Interzellularen. Einige Zellen dieses Grundgewebes führen 20—30μ grosse Oxalatdrusen, seltener 8—14μ grosse Einzelkristalle.

Die etwa 100—170μ breiten und 4—7 Zellagen tiefen primären Faserbündel bilden keinen geschlossenen Ring. Die Fasern sind 8—14μ stark und konzentrisch geschichtet. Der nun folgende Weichbast führt bis 22μ breite Siebröhren und gerbstoffführende Parenchymzellen von fast gleichem Durchmesser.

II. Querschnitt einer 0,8 mm dicken Rinde eines zweijährigen Zweiges.

Durch Teilung der Epidermiszellen ist Korkbildung eingetreten. Wir sehen eine aus den äusseren Hälften der Epidermiszellen entstandene Korklage, ferner ein Phellogen und zwei bereits gebildete Phellodermlagen. Einige der 35—40μ breiten Phellogenzellen sind durch radiale Wände geteilt. Es folgen 4—5 Lagen stark kollenchymatisch verdickter, etwa 18—35μ breiter und 15—25μ tiefer Zellen. Im Grundparenchym treten kleine Interzellularen auf; die etwas tangential gestreckten, 30—50μ breiten Parenchymzellen führen Gerbstoff bezw. vereinzelt bis 30μ grosse Oxalatdrusen.

Die primären, zumeist 140—170μ breiten, 6—8 Zellagen tiefen Faserbündel stehen nun in Abständen von 250—400μ. Einige Bündel sind bereits in kleinere Gruppen aufgeteilt und

durch 20—40μ breite Bänder von Parenchymzellen getrennt. Es liegen an der Peripherie der primären Faserbündel bis 30μ breite, grosslumige Fasern.

Im ersten sekundären Faserring sind die Bündel 45—80μ breit, 2—4 Zellagen tief und von Kristallzellreihen mit 8—14μ grossen Einzelkristallen begleitet. Die Fasern sind weniger stark als die primären, sie zeigen einen Durchmesser von 8 bis 14μ. Die Markstrahlen sind zwischen den Bündeln des ersten sekundären Ringes zumeist noch einreihig, einige verbreitern sich nach aussen trichterförmig. Manche dieser Markstrahlzellen führen bis 35μ grosse Oxalatdrusen. Der Weichbast ist etwa 50—60μ tief, er besteht aus 15—25μ breiten und bis 15μ tiefen Parenchymzellen; zwischen diesen die bereits obliterierten Siebröhren.

Der zweite sekundäre Ring ist gleichfalls nicht völlig geschlossen, die Bündel sind 1—4 Zellagen tief, 60—80μ, sogar bis 120μ breit und von Zellreihen mit Einzelkristallen begleitet. Einem etwa 70—80μ tiefen Weichbast, dessen Parenchymzellen nur selten Oxalatdrusen führen, folgt der dritte, fast völlig geschlossene sekundäre Faserring. Die Markstrahlen sind zwischen den etwa 50—80μ breiten und zumeist 3 Zellagen tiefen Bündeln stets einreihig, ihre Zellen nur 12—16μ breit und etwa 20—30μ tief. Die Fasern dieses dritten Ringes sind noch dünnwandig und nur schwach verholzt.

Im nachfolgenden Weichbast sind die Siebröhren erhalten, bis 35μ breit und von kleinen Geleitzellen umgeben. Ein vierter sekundärer Faserring ist in Bildung begriffen und von dem übrigen Gewebe noch nicht genügend unterscheidbar.

III. Querschnitt einer 1,5 mm dicken Rinde.

Zu äusserst drei Schichten arkadenförmig-verdickter, etwa 25-30μ breiter Korkzellen, anschliessend das Phellogen und ein bereits vierschichtiges Phellederm. Einem etwa 1—3 schichtigen Kollenchym folgt das aus dünnwandigen, bis 55μ breiten und etwa 20μ tiefen Zellen bestehende Grundparenchym. Letzteres führt bis 35μ grosse Oxalatdrusen, die besonders reichlich in den etwa 40μ breiten, 20—25μ tiefen Zellen der verbreiterten Markstrahlen auftreten (s. Fig. 14).

Wir beobachten einen primären und bereits 14 sekundäre Faserringe. Im primären Faserring liegen die Bündel in grösseren Abständen, in den äusseren sekundären sind sie durch teils verbreiterte, teils einreihige Markstrahlen mehr oder weniger getrennt. Die Bündel der inneren 8 Ringe sind nur durch sehr

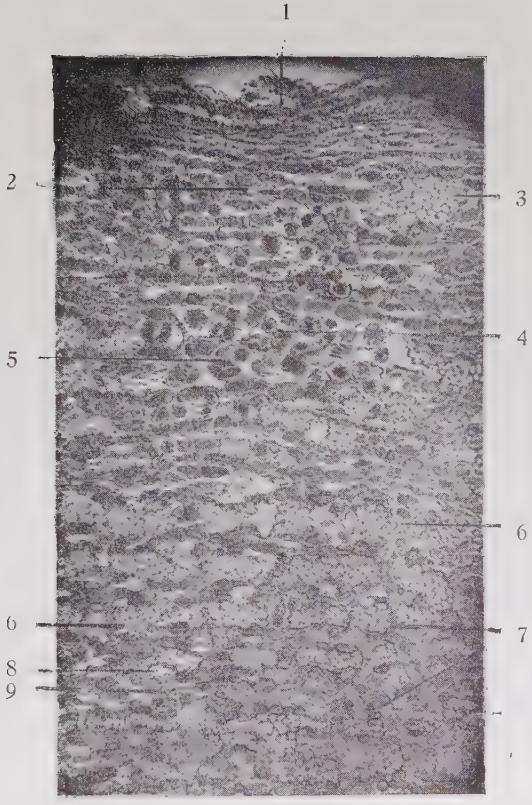


Fig. 14.
Salix fragilis L.
Querschnitt einer 1,5 mm dicken Rinde (Vergr. 75).

1 = Kork
2 = Grundparenchym
3 = primäres Faserbündel
4 = Oxalatdrusen
5 = gerbstoffführende Zellen des verbreiterten Markstrahles
6 = sekundäre Faserbündel
7 = einreihige Markstrahlen
8 = Siebröhre
9 = Weichbastschicht.

schmale einreihige Markstrahlen getrennt, sie erscheinen demzufolge fast wie geschlossen.

Die Bündel der äusseren sechs sekundären Ringe sind bis 120μ breit, etwa 35—50μ tief. Sie bestehen aus 3—4 Zellagen 9—14μ starker Fasern und sind ringsum von Zellreihen mit 6—10μ grossen Einzelkristallen begleitet. Die Weichbastschichten, zwischen den äusseren Faserringen 30—50μ, seltener bis

90μ tief, bestehen aus etwa 30μ breiten, obliterierten Siebröhren und tangential gestreckten, bis 25μ breiten, Parenchymzellen. Letztere führen vereinzelt bis 18μ grosse Oxalatdrusen.

In den inneren Faserringen messen die Bündel tangential 40—80μ, radial zumeist 25—35μ (S. Fig. 15). In den Weichbastschichten zwischen den inneren Ringen sind die Siebröhren (Durchmesser etwa 30—35μ) erhalten, die Geleitzellen führen Gerbstoff. Nahe dem Kambium sind die Markstrahlzellen 20—40μ tief und etwa 15μ breit.

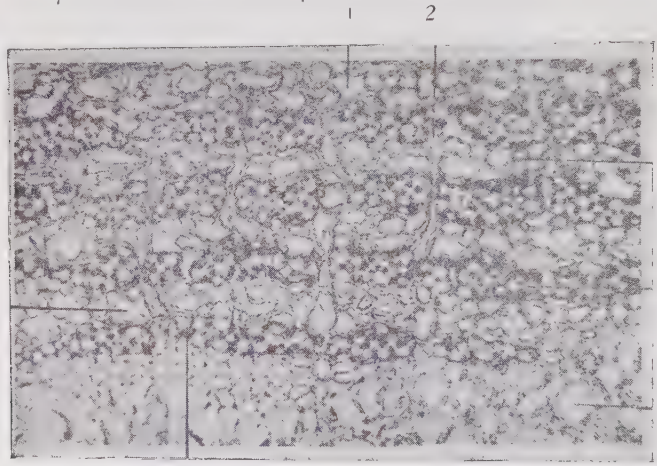


Fig. 15.
Salix fragilis L.
Querschnitt durch den inneren Teil einer 1,5 mm dicken Rinde (Vergr. 120).

1 = Siebröhre
2 = einreihiger Markstrahl
3 = Parenchymzellen des Weichbastes
4 = sekundäre Faserbündel
5 = Weichbast

SALIX PENTANDRA L.

(= S. tinctoria Sm. = S. laurifolia Wesmael).
Lorbeer — Weide.
(Material: Botanischer Garten Zürich).

I. Querschnitt einer 0,4 mm dicken Rinde eines etva 2 mm dicken Zweiges.

Die 8—15μ breiten, in ihrer Aussenwand stark verdickten Epidermiszellen zeigen bereits tangentiale Teilungen. Es ent-

stehen jeweils: eine äussere Korkzelle, anschliessend eine Phellogenzelle und zu innerst eine Phellodermzelle.

Das darunterliegende, starkwandige Kollenchym ist 4—5-schichtig und zeigt 12—25μ breite und 8—12μ tiefe Zellen. Es folgt Parenchym aus verschieden grossen, tangential gestreckten Zellen, welche teils Gerbstoff, teils 20—35μ grosse Oxalatdrusen führen. Gerbstoffzellen besonders häufig in der Umgebung der primären Faserbündel.

Im ersten primären Faserring sind die Bündel nur durch schmale Reihen radial gestreckter, 15μ breiter gerbstoffführender Zellen getrennt. Diese Bündel sind zumeist rundlich, 50—80μ breit und etwa 60μ tief. Nahe den konvexen Krümmungen des fünfkantigen Kambiumringes sind die primären Bündel tangential gestreckt, 130—170μ breit und nur 40—50μ tief. Die Fasern haben eine Dicke von 10—17μ und liegen zumeist in 4—5 Lagen hintereinander.

Die einzige vorhandene Weichbastschicht besteht aus gerbstoffführenden, 13—16μ breiten und etwa 9—11μ tiefen Parenchymzellen, von denen nur vereinzelte kleinere Oxalatdrusen führen, und aus etwas breiteren Siebröhren.

II. Querschnitt einer etwa 0,6 mm dicken Rinde.

Das Korkgewebe zeigt keine wesentlichen Änderungen gegenüber dem vorigen Querschnitt, nur bei einigen Phellogenzellen lässt sich bereits eine weitere tangentiale Teilung erkennen. Die Zellen des Grundgewebes haben sich infolge des Dickenwachstums tangential gedehnt, es zeigen die kollenchymatisch verdickten Zellen eine Breite von etwa 30μ, die parenchymatischen eine solche bis 60μ. Letztere führen teilweise 25—30μ grosse Oxalatdrusen, vereinzelt auch etwa 20μ grosse Einzelkristalle.

Zwischen den primären Faserbündeln, deren Abstände nun 80—180μ betragen, hat sich gerbstoffreiches, aus grossen, tangential gestreckten Zellen bestehendes Parenchym gebildet. Manche primären Faserbündel haben eine Breite von 160μ und eine Tiefe von 100μ. Die Fasern sind zumeist 13—17μ stark, in den unteren Zellagen sind sie gelegentlich tangential gestreckt bis auf 30μ und liegen in etwa 7 Lagen hintereinander. Nur die Mittellamellen zeigen bei Behandlung mit Phloroglucin-Salzsäure eine intensive Rotfärbung.

Es treten zwei Weichbastschichten auf, die äussere ist etwa 100—120μ breit, ihre Siebröhren messen in tangentialer Richtung 20—30μ, in radialer 17—20μ. Einige Parenchymzellen führen 15—25μ grosse Oxalatdrusen. Die 12—17μ breiten und

20—25μ tiefen Zellen der einreihigen Markstrahlen besitzen Gerbstoff, sie verbreitern sich nach aussen auf etwa 30μ.

In diesem Stadium ist nur ein sekundärer Faserring vorhanden, er erscheint als fast völlig geschlossen, seine Bündel werden nur durch einreihige Markstrahlen getrennt. Die Faserbündel messen in tangentialer Richtung 50—90μ, in radialer 30—50μ, sie sind von Zellreihen mit 8—12μ grossen Einzelkristallen begleitet. Die Fasern, 12—15μ, selten bis 20μ dick, sind etwas stärker verholzt als die primären, sie liegen in 2—4 Lagen hintereinander.

In der nun folgenden zweiten Weichbastschicht treten an der Grenze zu den Faserbündeln kleinere, rundliche, gerbstoffführende Parenchymzellen auf, ferner grössere, etwa 20μ breite, nicht obliterierte Siebröhren. Es folgt das Kambium.

III. Querschnitt einer etwa 1 mm dicken Rinde.

Verglichen mit der vorigen Rinde ist die äusserste Korkzellage abgeworfen, erkennbar sind nur eine neu gebildete Lage arkadenförmig verdickter Zellen, das einschichtige Phellogen und ein zweischichtiges Phelloderm. Einem etwa fünfschichtigen Kollenchym folgt das gerbstoffreiche Parenchym, bestehend aus zumeist 30—50μ breiten und 15—25μ tiefen Zellen. Die primären Faserbündel besitzen dadurch einen tieferen radialen Durchmesser (etwa 130μ), dass sich an der unteren Seite der Bündel grosslumige, bis 35μ starke, früher unverholzte Fasern verdickt und verholzt haben.

Einem stark entwickelten Weichbast schliessen sich die ersten sekundären Faserbündel an. Die Markstrahlen zwischen diesen Bündeln haben sich teilweise auf 40—50, seltener bis 100μ verbreitert. Zwischen dem ersten und zweiten sekundären Faserring befindet sich ein etwa 50—60μ tiefer Weichbast aus tangential gestreckten, bis 25μ breiten Parenchymzellen und obliterierten Siebröhren.

Die Bündel des zweiten sekundären Faserrings haben gleichen Umfang wie die des ersten, sie sind zumeist drei Zellagen tief und stehen, bedingt durch die schmaleren Markstrahlen, näher zusammen. Ihre Fasern sind gewöhnlich 11—15μ stark.

Einem etwa 100μ tiefen Weichbast folgt der dritte sekundäre Faserring, der infolge der hier sehr schmalen Markstrahlen wie völlig geschlossen erscheint. Seine Bündel sind 40—80μ breit, zumeist 40μ tief und aus 12—15 starken Fasern aufgebaut. Die Bündel aller sekundären Faserringe sind von Zellreihen mit 8—12μ grossen Einzelkristallen begleitet, die primären Faserbündel nicht.

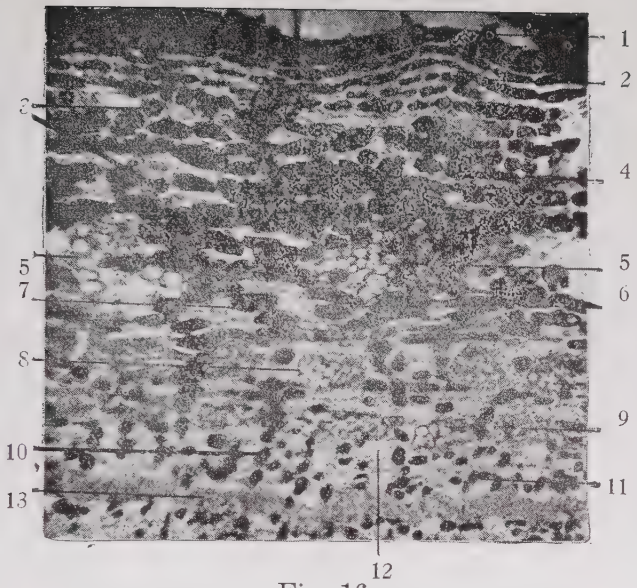


Fig. 16.
Salix pentandra L.
Querschnitt einer 1 mm dicken Rinde (Vergr. 100).

1 = Kork
2 = Kollenchym
3 = Oxalatdrusen
4 = Grundparenchym
5 = primäre Faserbündel
6 = stärkere Fasern an der unteren Seite des Bündels
7 = verbreiterter Markstrahl
8 = Bündel des ersten sek. Faserringes
9 = Bündel des zweiten sek. Faserringes
10 = gerbstoffführende Zellen des einreihigen Markstrahls
11 = Weichbast
12 = Siebröhre
13 = dritter sekundärer Faserring

Im Weichbaste beobachten wir, besonders unterhalb der Faserbündel, tangential gestreckte, gerbstoffreiche Parenchymzellen; die Siebröhren sind noch erhalten. Der vierte sekundäre Faserring befindet sich im Bildungsstadium. Er erscheint als völlig geschlossen, seine dünnwandigen Fasern sind teils schwach verholzt, teils noch unverholzt.

SALIX ALBA L.

(= S. aurea Salisb.). Silber —Weide.
(Material: Botanischer Garten — Genf.).

I. Querschnitt einer 0,6—0,7 mm dicken Rinde eines einjährigen, etwa 2,5 mm dicken Zweiges.

Einige der etwa 15μ breiten Epidermiszellen sind in 60—130μ lange, spitzzulaufende Haare ausgewachsen. Durch tangentiale Teilungen der Epidermiszellen sind bereits drei Lagen entstanden: die äusserste ist in den Aussenwänden verdickt, die mittlere bildet die Phellogenschicht, die innerste zeigt 12—17μ breite und 8—10μ tiefe Phellodermzellen.

Einem 4—5 schichtigen, aus 20—40μ breiten und 12—18μ tiefen Zellen gebildeten Kollenchym folgt ein an Interzellularen reiches, grosslumiges Parenchym. Die Zellen des letzteren sind etwas dickwandig, einige führen bis 30μ grosse Oxalatdrusen.

Die jeweils durch ein 40—150μ breites Parenchym getrennten Bündel des primären Faserringes sind verschieden

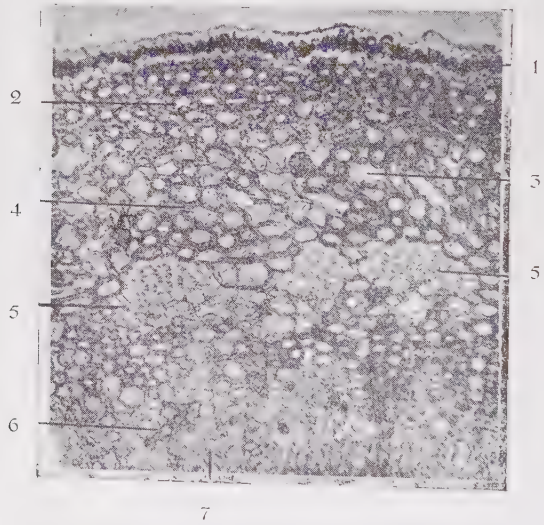


Fig. 17.

Salix alba L.

Querschnitt einer 0,6—0,7 mm dicken Rinde. (Vergr. 100).

1 = Kork
2 = Kollenchym
3 = Interzellularraum
4 = Grundparenchym
5 = prim. Faserbündel
6 = sekund. Faserbündel
7 = einreihiger Markstrahl

umfangreich, bei einigen ist bereits eine Teilung in kleinere Gruppen eingetreten. Alle Bündel sind 4—6 Zellagen tief, und bestehen zumeist aus 10—17μ starken, konzentrisch geschichteten Fasern, doch sieht man auch solche die nur 5μ, und in den unteren Teilen der Bündel solche, die 28 und mehr μ stark sind.

In dem nachfolgenden ziemlich tiefen Weichbast sind die etwa 25μ breiten Siebröhren nur wenig obliteriert, die 20μ breiten und etwa 15μ tiefen Parenchymzellen führen zuweilen bis 15μ grosse Oxalatdrusen. Die Zellen der hier sichtbaren einreihigen Markstrahlen sind 15—17μ breit, aussen mehr rundlich, nahe dem Kambium schwach radial gestreckt. Alle führen Gerbstoff. In den nach aussen verbreiterten Markstrahlen sind die Zellen etwa 35μ breit und 20μ tief.

Der erste sekundäre Faserring ist nicht geschlossen, seine Bündel sind an Umfang um das Mehrfache geringer als die des primären Ringes. Zumeist sind sie 30—60μ breit und 1—2 Zellagen tief, bestehen aus 8—12μ starken Fasern und werden von Zellreihen mit 6—8μ grossen Einzelkristallen umgeben. In dem nun folgenden Weichbaste sind die 20—28μ breiten Siebröhren noch erhalten, die etwas tangential gestreckten Parenchymzellen führen nur selten kleine Oxalatdrusen.

II. Querschnitt einer 1,1 mm dicken Rinde eines zweijährigen Zweiges.

Aussen bereits zwei Schichten arkadenförmig verdickter Zellen, diesen folgt eine Lage 15—30μ breiter Phellogenzellen und dann ein zweischichtiges Phellederm. Diesem schliessen sich etwa fünf Schichten tangential gestreckter Kollenchymzellen an, die in ein aus etwas verdickten Zellen bestehendes tieferes Grundparenchym übergehen. Manche Zellen des letzteren führen 20—25μ grosse Oxalatdrusen.

Von den primären Faserbündeln, die nun in grösseren Abständen stehen, sind einige aufgeteilt. Die Fasern messen im Durchmesser zumeist 14—17μ, doch in der Mitte der Bündel vielfach auch etwas weniger. An der Peripherie dieser Bündel und besonders an der Unterseite treten nun grosslumigere, bis 25μ breite Fasern auf. Diese waren im vorigen Stadium, weil noch dünnwandig und unverholzt, kaum zu unterscheiden, wir erkennen demzufolge bei den primären Bündeln jetzt 8—9 Zellagen hintereinander liegender, verholzter Fasern. Die Bündel des primären Ringes haben keinen Belag von Kristallzellreihen.

Nach einem etwa 160—180μ tiefen Weichbast folgen die ersten sekundären Faserbündel, die wie alle übrigen sekundären Bündel von Zellreihen mit 6—8μ grossen Einzelkristallen begleitet sind. Diese Bündel, gewöhnlich 1—3 Zellagen tief, füllen nicht immer die ganze Breite zwischen den Markstrahlen aus. Nicht alle Rindenstrahlen führen Faserbündel, demzufolge bilden letztere auch keinen geschlossenen Ring. Ihre Fasern sind geringer im Querschnitt und stärker verholzt als die primären, ihr Durchmesser überschreitet nur selten 12μ.

Neben noch einreihigen Markstrahlen treten bereits verbreiterte auf, deren Zellen vereinzelt 20—25μ grosse Oxalatdrusen führen. An einen etwa 40-60μ tiefen Weichbast schliesst sich der zweite sekundäre Faserring mit ziemlich unregelmässig angeordneten Bündeln an. Letztere sind zumeist 50—80μ breit und nur 1—2 Zellagen tief. Bedingt durch den ungleichen Abstand der Markstrahlen ist die Breite der Bündel sehr verschieden, was bei Salix alba L. besonders deutlich hervortritt.

Es folgt ein etwa 200—220μ tiefer Weichbast aus gerbstoffführenden Parenchymzellen und an Durchmesser breiteren Siebröhren. Der dritte sekundäre Faserring zeigt gleichen Bau wie die vorigen, der vierte sekundäre Ring ist in diesem Stadium erst in Entwicklung begriffen.

III. Querschnitt einer 1,7 mm dicken Rinde.

An einigen Stellen ist die frühere äussere Zellage abgeworfen, zwei neue sind erzeugt, so dass jetzt drei Lagen arkadenförmig verdickter Korkzellen vorhanden sind. Anschliessend ein einschichtiges Phellogen und ein vierschichtiges Phelloderm. Einem 4—5 Lagen tiefen Kollenchym folgen zunächst etwa 7 Lagen grosslumiger Parenchymzellen und dann die primären Faserbündel. Letztere stehen in verschieden breiten Abständen. Durch weitere Ausgestaltung haben die primären Bündel eine Tiefe bis auf 12 Zellagen angenommen, in den unteren Lagen sind die Fasern stark verbreitert.

Es treten 8 sekundäre Faserringe auf, von diesen sind jeweils zwei genähert, d. h. zwischen ihnen befindet sich ein schwach entwickelter nur 40—80μ tiefer Weichbast. Letzterer trennt die jeweils im gleichen Jahre angelegten zwei Ringe. Ein stärker entwickelter, etwa 180—220μ tiefer Weichbast trennt dann die zwei äusseren Faserringe von den folgenden zwei. In sämtlichen Weichbastschichten vereinzelt Zellen mit etwa 15μ grossen Oxalatdrusen.

Die Bündel der sekundären Faserringe sind zumeist 30—60μ breit, nur 1—2 Zellagen tief und von Zellreihen mit 7—9μ grossen Einzelkristallen begleitet. Ihre Fasern sind 7—12μ stark. Gegenüber anderen Salix - Arten, deren Faserringe als kreisförmig gelegen angesprochen werden können, ist bei Salix alba L. von einer stark wellig- kreisförmigen Anlage zu sprechen.

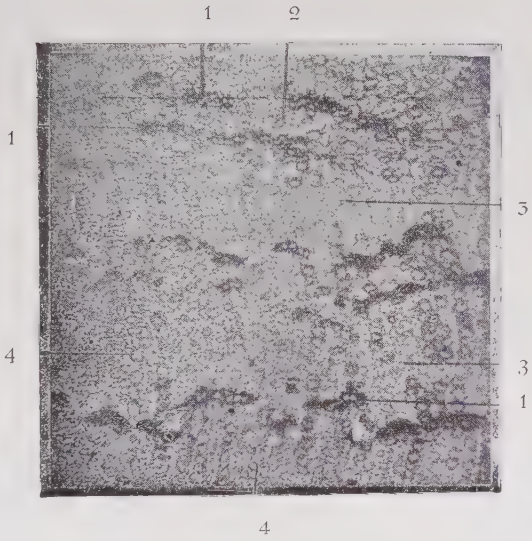


Fig. 18.

Salix alba L.

Querschnitt durch den inneren Teil einer 1,7 mm dicken Rinde (Vergr .70).

1 = sekund. Faserbündel
2 = schwächer entwickelter Weichbast
3 = stärker entwickelter Weichbast
4 = einreihiger Markstrahl

Die Markstrahlen sind in ihrem inneren Verlauf sämtlich einreihig und bestehen zumeist aus rundlichen, etwa 20μ breiten Zellen. Einige verbreitern sich nach aussen bis auf 300μ, ihre Zellen führen vereinzelt Oxalatdrusen. In diesem verbreiterten Teil treten, wenn auch nicht immer, kleine Gruppen 30—50μ breiter Steinzellen auf, begleitet von Zellen mit 10—15μ grossen Einzelkristallen.

III. Bestimmungsschlüssel.

A. Populus.

KORK AUS SUBEPIDERMALER SCHICHT ENTSTANDEN. DIE ZELLEN DES KORKES ENTWEDER DÜNNWANDIG ODER SCHICHTENWEISE VERDICKT. PRIMÄRE RINDE MIT STEINZELLEN.

I. Der Kork zeigt nur dünnwandige und unverholzte Zellen.

1. Die primären Faserbündel 3—4 Zellagen tief, ohne Belag von Steinzellen. Die sekundären Bündel bis 8 Zellagen tief, zwischen ihnen zumeist verholzte Markstrahlzellen.

Populus tremula L.

2. Die primären Faserbündel 4—8 Zellagen tief, mit Belag von Steizellen; die sekundären nur 3—4 Zellagen tief. Die Faserbündel des ersten sekundären Ringes bilden mit den zwischenliegenden verholzten Markstrahlzellen grössere tangentiale Sklerenchymbänder; in den folgenden Ringen sind die Markstrahlzellen zwischen den Bündeln zumeist unverholzt.

Populus alba L.

3. Die bis 12 Zellagen tiefen primären Faserbündel (teils mit, teils ohne Belag von Steinzellen) sind bedeutend umfangreicher als die nur 3—4 Zellagen tiefen sekundären. Die Markstrahlzellen zwischen den Bündeln des ersten sekundären Faserringes überwiegend verholzt, zwischen den Bündeln der folgenden Ringe selten verholzt.

Populus balsamifera L.

II. Der Kork zeigt Schichten verdickter und verholzter Zellen.

1. Die sekundären Faserbündel 2—3 Zellagen tief. Die Markstrahlzellen zwischen den Bündeln des ersten und zweiten sekundären Faserringes überwiegend verholzt, zwischen den Bündeln der folgenden Ringe meist unverholzt.

Populus nigra L.

2. Die sekundären Faserbündel bis 8 Zellagen tief. Markstrahlzellen zwischen den Bündeln sämtlicher Faserringe zumeist verholzt.

Populus Italica Moench.

B. Salix.

KORK AUS DER EPIDERMIS ENTSTANDEN. DIE ZELLEN DES KORKES ARKADENFÖRMIG VERDICKT. PRIMÄRE RINDE OHNE STEINZELLEN.

I. In den Markstrahlen der sekundären Rinde Steinzellengruppen.

Die Bänder der nur 1—2 Zellagen tiefen Bündel der sekundären Faserringe verlaufen etwas wellenförmig; 180—220μ tiefe Weichbastschichten wechseln mit solchen von nur 40—80μ.

Salix alba L.

II. In den Markstrahlen der sekundären Rinde keine Steinzellengruppen.

1. Die Markstrahlen nach aussen nur wenig verbreitert.

Die sekundären, zumeist 3 Zellagen tiefen Faserbündel bilden fast geschlossene Ringe. Die Weichbastschichten sind 60—100μ tief.

Salix pentandra L.

2. Die Markstrahlen teilweise nach aussen stark keilförmig verbreitert.

a) Die sekundären, zumeist 3 Zellagen tiefen Bündel bilden im äusseren Teil der Rinde nicht geschlossene, im inneren Teil regelmässige, noch geschlossene Faserringe, nur durchbrochen durch einreihige Markstrahlen. Die Weichbastschichten sind nur 40—80μ tief.

Salix fragilis L.

b) Die sekundären, 1—5 Zellagen tiefen Bündel bilden in der äusseren Partie der Rinde nicht geschlossene Faserringe; im inneren Teil treten zuweilen Verschmelzungen aufeinanderfolgender Bündel auf. Die Weichbastschichten sind 60—120μ tief.

Salix purpurea L.

IV. Überblick und Schlussbetrachtung.

Unsere Aufgabe, festzustellen, ob sich die pharmazeutisch gebräuchlichen Populus- und Salix-Rinden unter Berücksichtigung der Entwicklungsstadien mit genügender Sicherheit erkennen und unterscheiden lassen, glauben wir erreicht zu haben. Wie aus dem auf anatomischer Grundlage aufgebauten Bestimmungsschlüssel ersichtlich ist, lassen sich diese Rinden in ihren Gattungen und Arten durch ihre Querschnittbilder bestimmen. Wir legten bei unseren Untersuchungen darauf Wert, nur konstante anatomische Merkmale zu berücksichtigen. Inhaltsstoffe kamen, weil diese nach Jahreszeit und Alter variieren können, weniger in Frage.

Um ein allgemeines Übersichtsbild über die Populus- wie auch über die Salix-Rinden zu bekommen, stellten wir zunächst entwicklungsgeschichtliche Studien je einer Art in ihren verschiedenen Stadien an. Es zeigte sich schon bei den Voruntersuchungen, dass bei verschiedenen Arten der gleichen Gattung die Entwicklung der Rinden ziemlich analog ist; demzufolge konnten wir uns sowohl bei Populus wie bei Salix mit der eingehenderen Untersuchung nur einer Art in etwa 6—7 Entwicklungsstadien begnügen. Bei den übrigen untersuchten Arten bei denen es sich nicht um eine vollständige Untersuchung handelte, konnten wir uns auf 3—4 Stadien beschränken. Durch Vergleich lassen sich dann die im Laufe der Jahre entstandenen Veränderungen deuten, z. B. die Umwandlungen der Epidermis und des Korkes, die jährliche Ausbildung sekundärer Faserringe u. s. w. Diese anatomischen Befunde sollten uns einerseits als Charakteristika für die Rinden der Familie der Salicaceen im allgemeinen dienen, andererseits als Unterscheidungsmerkmale für die Gattungen Populus und Salix und deren Arten.

Gemeinsame Merkmale für die Rinden der Gattungen Populus und Salix.

1.) Falls noch Epidermis vorhanden, treten bei einigen Arten stets einzellige Haare auf.

2.) Bei jungen Zweigen zeigt die Kambiumschicht ein mehr oder weniger sternförmig-fünfstrahliges Bild, bei älteren ein kreisförmiges.

3.) Die Markstrahlen sind in ihrem inneren Verlauf stets einreihig, nach aussen verbreitern sie sich zum Teil mehr oder weniger keilförmig.

4.) Die primäre Rinde führt grössere, die sekundäre kleinere Oxalatdrusen. Einzelkristalle finden sich in Kristallzellreihen bei den sekundären Faserbündeln.

5.) Eine deutliche Schichtung der sekundären Rinde (Hart- und Weichbast).

6.) Bei den meisten untersuchten Rinden konnte ein jährlicher Zuwachs von zwei Faserringen festgestellt werden.

Gemeinsame Merkmale für die Rinden der Gattung Populus.

1. Kork. Dieser entsteht aus der ersten unter der Epidermis gelegenen Zellschicht. Es werden jährlich einige Lagen dünnwandiger Korkzellen nach aussen abgesondert. Phelloderm bildet sich erst, wenn bereits einige Korkzellagen vorhanden sind. Bei Populus Italica Moench und P. nigra L. liess sich eine Verholzung früherer Phellogenschichten feststellen. Zum neuen Phellogen wird bei letzteren zwei Arten anfangs der nächsten Vegetationsperiode die erste unter der verholzten Schicht gelegene Zellage.

2.) **Primäre Rinde.** Ihr äusserer Teil ist schwach kollenchymatisch verdickt, einige Zellen weisen, besonders an der Grenze zum nachfolgenden Parenchym, Verholzung auf. Im Parenchym finden sich Steinzellen, vereinzelt und in Gruppen. Alle Faserbündel werden von Kristallzellreihen mit Einzelkristallen begleitet. In den primären Bündeln messen die Fasern im Querschnitt durchschnittlich 12—15μ, in den sekundären Bündeln 15—20μ. (Unterschied gegenüber den Salix-Rinden, bei denen die sekundären Fasern einen geringeren Durchmesser haben als die primären).

3.) **Sekundäre Rinde** Steinzellen besonders reichlich in den verbreiterten Markstrahlen und weniger reichlich im Weichbaste der Rindenstrahlen. Nach *Moeller* (1882, S. 90 und 93) sollen in der Rinde von Populus nigra L. keine Steinzellen vorkommen; wir fanden sie bei dieser Rinde, ausschliesslich der jüngsten, in allen Stadien. *Perrédès* (1903, S. 27) führt bei dieser Rinde Steinzellen auf.

Gemeinsame Merkmale für die Rinden der Gattung Salix.

1.) **Kork.** Dieser ist durch Teilung der Epidermiszellen entstanden, jährlich werden nur eine Korkzellage und eine Phellodermlage gebildet. Nach *Speyer* (1907, S. 80) kann das

Phellogen jährlich mehrere Schichten unverdickter Korkzellen ausbilden, wir konnten dies nicht bestätigen. *Douliot* (1889, S. 52) untersuchte nur den Kork von Salix Caprea L. und kam hiebei zu dem Schluss, dass sich bei den Salix-Arten während der ersten zwei Jahre kein Phelloderm bildet. Dieser Ansicht können wir nicht beipflichten. Alle Korkzellen sind arkadenförmig verdickt, d. h. sie besitzen stark verdickte Aussenwände. *Höhnel* (1877, S. 538) und *Ross* (1891, S. 104) sprechen irrtümlicherweise von einer stark verdickten Innenwand. Sie stehen damit auch in Widerspruch zu *Sanio* (1860, S. 63), *Moeller* (1882, S. 89), *Weiss* (1890, S. 52) und *Zörnig* (1911, S. 124).

2.) **Primäre Rinde.** Aussen stark kollenchymatisch verdicktes, darunter dünnwandigeres Grundgewebe. Die primären Fasern besitzen einen grösseren Querdurchmesser als die sekundären. Wir können deshalb die Angabe *Moellers* (1882, S. 90), der die primären Fasern als die schmaleren schildert, nicht bestätigen. Seine Feststellungen treffen die Populus-Rinden zu. Die primären Faserbündel werden nicht von Zellreihen mit Einzelkristallen begleitet, die sekundären dagegen stets. In der primären Rinde wurden bei keiner der untersuchten Arten Steinzellen angetroffen, obschon *Höhnel* (1880, S. 93) angibt, dass bei Salix fragilis L. und S. alba L. in der primären Rinde kleine Steinzellengruppen vorhanden sind. Wohl beobachteten wir an den unteren Seiten der Faserbündel grosslumigere, bis 35μ breite Fasern, die im Querschnittsbild eventuell mit Steinzellen verwechselt werden könnten.

3.) **Sekundäre Rinde.** Auch diese führt bei den Salix-Arten zumeist keine Steinzellen, nur bei älteren Rinden von Salix alba L. haben wir Steinzellen im verbreiterten Teil der Markstrahlen angetroffen. Die Behauptung von *Šoštarić* (1898, S. 1219), dass die Salix-Rinden gänzlich der Steinzellen entbehren, ist mithin nicht völlig zutreffend.

V. LITERATURVERZEICHNIS.

1857 *Berg, O.* Pharmazeutische Waarenkunde. Berlin.

1865 *Berg, O.* Anatomischer Atlas zur pharmazeutischen Waarenkunde. Berlin.

1904 *Camus, A. G.* Classification des Saules d'Europe et Monographie des Saules de France. Paris.

1877 *De Bary, A* Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig.

1889 *Douliot, H.* Recherches sur le périderme. Annales des scien. natur. Sér. 7, T. X. Paris.

1898 *Dragendorff, G.* Die Heilpflanzen der verschiedenen Völker und Zeiten. Stuttgart.

1894 *Engler-Prantl.* Die natürlichen Pflanzenfamilien III. Teil, 1. Hälfte. Leipzig.

1883 *Gerber, A.* Über die jährliche Korkproduktion im Oberflächenperiderm einiger Bäume. Diss. Halle.

1918 *Haberlandt, G.* Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig.

1853 *Hanstein, J.* Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Baumrinde. Berlin.

1912 *Hegi, G.* Illustrierte Flora von Mittel-Europa. III. Bd., I. Teil. München.

1877 *v. Höhnel, F.* Ueber den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften, Bd. LXXVI. Wien.

1880 *v. Höhnel, F.* Die Gerberinden. Berlin.

1897 *Kuhla, F.* Ueber Entstehung und Verbreitung des Phelloderms. Botan. Centralblatt, Bd. LXXI. Cassel.

1882 *Moeller, J.* Anatomie der Baumrinden. Berlin.

1903 *Perrédès, P. E. F.* Comparative Anatomy of the Barks of the Salicaceae. The Wellcome Chemical Research Laboratories. No. 39. London.

1891 *Ross, H.* Contribuzioni alla Conoscenza del Periderma. In Malphigia, Vol. IV. Genova.

1860 *Sanio, C.* Vergleichende Untersuchung über den Bau und die Entwicklung des Korkes. Pringsh. Jahrbücher für wissenschaft. Botanik. Bd. II. Berlin.

1899 *Solereder, H.* Systematische Anatomie der Dikotyledonen. Stuttgart. Ergänzungsband 1908.

1898 *Šoštarić, M.* Bau des Stammes der Salicineen. Sitzungsberichte der Wiener Akad. der Wissenschaften. Bd. CVII Abt. 1. Wien.

1907 *Speyer, J.* Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Rinde pharmakognostisch interessanter Pflanzen. Diss. Bern .

1925 *Toepffer-Schröter.* «Gattung Salix« *Kirchner-Loew-Schröter's,* Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, Lief. 26/27, Bd. II., Abt. 1. Stuttgart.

1927 *Toepffer-Schröter-Wangerin.* »Gattung Populus«. *Kirchner-Loew-Schröter's,* Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, Lief. 31/32, Bd. II., Abt. 1. Stuttgart.

1917 *Tschirch, A.* Handbuch der Pharmakognosie. Bd. II. Leipzig.

1931 *Tunmann-Rosenthaler.* Pflanzenmikrochemie. Berlin.

1929 *Wehmer, C.* Die Pflanzenstoffe. Bd. I. Jena.

1890 *Weiss, J. E.* Beiträge zur Kenntnis der Korkbildung. Denkschrift der botanischen Gesellschaft. Bd. VI. Regensburg.

1918 *Wiesner, J.* Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. Bd. II. Leipzig.

1911 *Zörnig, H.* Arzneidrogen. II. Teil. Leipzig.

CURRICULUM VITAE.

Am 8. Oktober 1911 wurde ich, *Gjuro Akerman*, als drittes Kind des jetzt verstorbenen Kaufmanns *Mavro Akerman* und seiner Gattin *Hermine geb. Kon* in Bjelovar (Jugoslawien) geboren, wo ich die Volksschule, sowie das Gymnasium besuchte.

Nach Übersiedlung meiner Eltern nach Zagreb (1930) trat ich in das II. Realgymnasium in Zagreb ein, welches ich im Jahre 1931 mit dem Reifezeugnis verliess. Darauf wandte ich mich dem Studium der Pharmazie zu und absolvierte sämtliche acht Semester an der Universität Zagreb.

Während der ersten zwei Semester war ich als Praktikant in einer Zagreber Apotheke tätig; im Dezember 1932 bestand ich mein pharmazeutisches Vorexamen, im Juni 1933 das erste Diplomexamen (Botanik, Chemie und Physik), im Juni 1935 den praktischen Teil des zweiten Diplomexamens und im Oktober 1935 auch den mündlichen Teil des zweiten, sowie des letzten Diplomexamens.

Gleich darauf kam ich nach Basel, immatrikulierte mich an der Universität und begann im pharmazeutischen Institut der Universität Basel unter Leitung von Herrn Prof. Dr. *H. Zörnig* die vorliegende Dissertation, welche ich im Frühjahr 1937 abschloss.

Während meiner Studienzeit besuchte ich die Vorlesungen und Praktika folgender Herren Dozenten:

In Zagreb: *Benzinger, Flumiani, Hondl, Mladenović, Vouk, Vrgoč,* in Basel: *Geiger, Häfliger, Schmalenbach, Senn* und *Zörnig.*

Allen diesen verehrten Lehrern sei an dieser Stelle mein bester Dank ausgesprochen.